

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Optimización de espesores de pavimentos utilizando emulsión
asfáltica, caso de estudio: vía de ingreso a la Universidad Peruana
Unión-filial Juliaca

Por:

Hammer Kenshido Cari Anco

Asesor:

Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari

Juliaca, diciembre de 2018

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS**

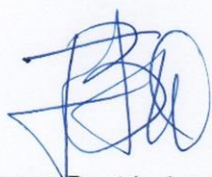
Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Optimización de espesores de pavimentos utilizando emulsión asfáltica, caso de estudio: vía de ingreso a la Universidad Peruana Unión-filial Juliaca”** constituye la memoria que presenta el Bachiller Hammer Kenshido Cari Anco para optar al título de Profesional de ingeniero civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Juliaca a los veintiocho días, del mes de Diciembre del año dos mil dieciocho.



Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari

“Optimización de espesores de pavimentos utilizando emulsión asfáltica, caso de estudio: vía de ingreso a la Universidad Peruana Unión-filial Juliaca”

TESIS

Presentado para optar el título profesional de Ingeniero Civil

JURADO CALIFICADOR

Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé
Presidente

Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona
Secretaria

Ing. Manuel Arturo Loaiza Jara
Vocal

Ing. Percy Armando Cota Mayorga
Vocal

Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari
Asesor

Juliaca, 28 de Diciembre del 2018

Dedicatoria

A Dios por su ayuda diaria durante este proceso de formación.

A mis padres Gerardo Cari Quispe y Celia Anco Almonte por todo su amor y esfuerzo depositado en mi persona.

A mi tía Rosa Hanco por su apoyo incondicional y a mis hermanos por su apoyo moral diario.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por la oportunidad de conocer nuevas experiencias y por su presencia en todo momento.

A mi asesora de tesis, Ing. Juana Beatriz Aquise Pari por su opinión técnica en cada proceso de esta investigación.

Índice general

Dedicatoria	II
Agradecimiento.....	V
Índice general.....	VI
Índice de tablas.....	IX
Índice de figuras	XI
Índice de anexos.....	XII
Símbolos usados	XIII
Resumen	XIV
Abstract.....	XV
Capítulo I. El problema	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Interrogantes de la investigación	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Objetivos de la investigación	17
1.3.1. Objetivo general	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Justificación.....	17
Capítulo II. Marco Teórico	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.2. Fundamentación teórica	20
2.2.1. Pavimentos	20
2.2.2. Base tratada con Emulsión asfáltica	21
2.2.3. Aplicaciones	21
2.2.4. Propiedades de las bases tratadas con emulsiones asfálticas	22
2.2.5. Diseño de Mezcla	24
2.2.6. Diseño de pavimento flexibles AASHTO 1986/1993	30
2.3. Normas utilizadas	32
2.3.1. Manual de carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras	32
2.3.2. Manual de carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos	32
2.3.3. Manual de Ensayo de Materiales.....	32
2.3.4. Manual Básico de Emulsiones Asfálticas MS N° 19	32

2.4.	Formulación de hipótesis.....	33
2.4.1.	Hipótesis general.....	33
2.4.2.	Hipótesis específica.....	33
Capítulo III.	Metodología.....	34
3.1.	Tipo de investigación.....	34
3.2.	Diseño de investigación.....	34
3.3.	Variables y su Operacionalización.....	34
3.4.	Población y muestra.....	35
3.4.1.	Población	35
3.4.2.	Muestras	35
3.5.	Materiales.....	35
3.5.1.	Emulsión asfáltica	35
3.5.2.	Base Granular	36
3.5.3.	Agua	36
3.6.	Diseño de mezcla.....	36
3.7.	Técnicas e instrumentos.....	37
3.8.	Procedimiento de investigación	38
3.8.1.	Elaboración de especímenes	38
3.8.2.	Diseño de pavimento alternativo.....	39
3.9.	Campo de estudio	39
3.10.	Análisis estadístico de datos	40
3.10.1.	Hipótesis Estadística	40
3.10.2.	Nivel de significancia	40
3.10.3.	Grados de libertad.....	40
3.10.4.	Estadística de prueba.....	40
3.10.5.	Procedimiento de Análisis	41
3.10.6.	Regla de decisión	42
Capítulo IV.	Resultados y discusión	43
4.1.	Presentación de resultados	43
4.1.1.	Caracterización del Material de base.....	43
4.1.2.	Resultados de ensayos de afinidad	48
4.1.3.	Efecto de la emulsión asfáltica sobre la densidad bruta	49
4.1.4.	Efecto de la emulsión asfáltica sobre la estabilidad	49
4.1.5.	Efecto de la emulsión asfáltica sobre la fluencia.....	50
4.1.6.	Óptimo contenido de emulsión asfáltica	51
4.2.	Diseño de Pavimento alternativo	52
4.2.1.	Datos de estudio de tráfico y propiedades de la subrasante.....	52
4.2.2.	Diseño de pavimento convencional	52
4.2.3.	Diseño de pavimento de base Granular tratada con Asfalto	53
4.3.	Análisis de costos.....	55

4.3.1. Costo de pavimento convencional	56
4.3.2. Costo de pavimento semirrígido	56
4.3.3. Costo de pavimento básico	56
4.4. Discusión de resultados	57
4.5. Prueba de hipótesis.....	57
4.5.1. Prueba de Hipótesis General de la investigación.....	57
4.5.2. Prueba de las Hipótesis Específicas de la investigación.....	58
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones	62
5.1. Conclusiones.....	62
5.1.1. Conclusión general.....	62
5.1.2. Conclusiones específicas	62
5.2. Recomendaciones.....	63
Referencias	64
Anexos.....	66

Índice de tablas

Tabla 1. Usos principales de mezclas con emulsión asfálticas	22
Tabla 2. Requerimientos granulométricos para base granular	24
Tabla 3. Valor relativo de soporte	24
Tabla 4. Requerimientos de Agregado Grueso	25
Tabla 5. Requerimiento de Agregado Fino	25
Tabla 6. Requerimiento de Emulsión Asfáltica Catiónica	26
Tabla 7. Agregados para Mezclas, con Emulsión, de Granulometría Cerrada	26
Tabla 8. Diseño de la investigación	34
Tabla 9. Operacionalización de Variables	35
Tabla 10. Ficha Técnica Emulsión Asfáltica de Rotura Lenta	36
Tabla 11. Normativa para la validación de ensayos	38
Tabla 12. Planteamiento de hipótesis estadística: Estabilidad Marshall	40
Tabla 13. Planteamiento de hipótesis estadística: Fluencia	40
Tabla 14. Características granulométricas-Cantera Isla	43
Tabla 15. Resultados del ensayo de límites de consistencia-Cantera Isla	44
Tabla 16. Características granulométricas-Cantera Vallecito	44
Tabla 17. Resultados del ensayo de límites de consistencia-Cantera Vallecito	45
Tabla 18. Combinación de canteras Isla y Vallecito	46
Tabla 19. Características granulométricas-canteras combinadas	47
Tabla 20. Características físicos - mecánicas	47
Tabla 21. Resultados del ensayo de recubrimiento y adherencia	48
Tabla 22. Óptimo Contenido de Emulsión Asfáltica	51

Tabla 23. Datos de diseño.....	52
Tabla 24. Costo de pavimento convencional	56
Tabla 25. Costo de pavimento semirrígido	56
Tabla 26. Costo de pavimento básico.....	56
Tabla 27. Resultados de Estabilidad y Flujo de los diversos tratamientos	58
Tabla 28. Prueba de hipótesis: Estabilidad Marshall	58
Tabla 29. Prueba de hipótesis: Fluencia.....	60

Índice de figuras

Figura 1. Efecto de la base tratada sobre superficie de rodadura.....	23
Figura 2. Efecto de la base tratada sobre la sub-base y la subrasante	23
Figura 3. Proceso de diseño de mezcla cerrada.	37
Figura 4. Grafico de resultados granulométricos-Cantera Isla.....	43
Figura 5. Grafico de resultados granulométricos-Cantera Vallecito	44
Figura 6. Grafica de resultados granulométricos -Combinación teórica.....	46
Figura 7. Grafica de resultados granulométricos -Combinación de canteras	47
Figura 8. Media de densidades agrupadas por contenido de Emulsión.....	49
Figura 9. Estabilidad Marshall agrupada por contenido de emulsión asfáltica	50
Figura 10. media de fluencia agrupadas por contenido de emulsión asfáltica	51
Figura 11. Estructura de Pavimento Convencional.....	53
Figura 12. Estructura del pavimento Alternativo N°1	54
Figura 13. Estructura de Pavimento Alternativo N°2	55
Figura 14. Diagrama de Cajas de la Estabilidad Marshall	59
Figura 15. Diagrama de caja de la fluencia de los especímenes	60

Índice de anexos

Anexo A. Propiedades de los materiales.....	66
Anexo A-1: Cantera Isla.....	66
Anexo A-2: Cantera Vallecito.....	67
Anexo A-3: Combinación de Canteras.....	69
Anexo A-4: Ficha técnica de la emulsión asfáltica.....	76
Anexo B. Diseño de Mezcla.....	77
Anexo C. Resultados de los Ensayos.....	79
Anexo D. Estudio de Trafico.....	88
Anexo E. Propiedades de la Subrasante.....	97
Anexo F. Diseño de Pavimento.....	98
Anexo F-1: Diseño de Pavimento Convencional.....	98
Anexo F-2: Diseño de Pavimento Semirrígido.....	99
Anexo F-3: Diseño de Pavimento Básico	100
Anexo G. Análisis Estadístico de Resultados.....	101
Anexo G-1: Análisis estadístico de resultados de estabilidad.....	101
Anexo G-2: Análisis estadístico de resultados de fluencia.....	105
Anexo H. Panel Fotográfico.....	107
Anexo I. Análisis de Costo Unitario.....	115
Anexo J. Planos.....	119

Símbolos usados

SUCS	: Sistema Unificado de clasificación de Suelos
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
ASTM	: American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.
EE	: Ejes Equivalentes
Hi	: Hipótesis de Investigación
Ho	: Hipótesis Nula
p	: Probabilidad de que Ho sea verdadera
A	: Nivel de significación
EATBs	: Base tratada con emulsión asfáltica
HATBs	: Base tratada con asfalto en caliente
FATB	: Base tratada con asfalto espumado
CSS	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta
ESAL	: Equivalent Single Axle Loads
ICG	: Instituto de Construcción y Gerencia

Resumen

Se propone la aplicación de un método para optimizar espesores de pavimentos utilizando emulsiones asfálticas. Las variables que se consideran son las características físico-mecánicas de la base granular y la variable respuesta son los espesores de pavimentos. Se realizó el estudio de canteras Vallecito e Isla para su utilización como base granular, cumpliendo los parámetros establecidos en los porcentajes 45% y 55% respectivamente. Se elaboró 3 especímenes, en 5, 6 y 7% de emulsión asfáltica, siendo un total de 9 especímenes estudiados. Los resultados muestran que el óptimo contenido de emulsión asfáltica es en un 5% logrando resultados favorables de estabilidad de 3531.73 lb y fluencia en 2.5 mm. La adición de emulsión asfáltica en la base granular mejora las propiedades de cohesión y resistencia a la deformación, logrando un incremento en su coeficiente estructural y como consecuencia la reducción de los espesores de pavimentos hasta en un 47.37% y en otro caso no presentando la necesidad de utilizar una carpeta asfáltica como superficie de rodadura, en el lugar de estudio: vía de ingreso de la Universidad Peruana Unión-Filial Juliaca.

Palabras clave: Base tratada con emulsión asfáltica, base asfáltica, estabilidad Marshall y Fluencia, Coeficiente estructural.

Abstract

The application of a method to optimize pavement thickness using asphalt emulsions is proposed. The variables that are considered are the physical-mechanical characteristics of the granular base and the response variable are the pavement thicknesses. The study of Vallecito and Isla quarries was carried out for its use as a granular base, complying with the parameters established in the percentages 45% and 55% respectively. Three specimens were elaborated, in 5, 6 and 7% of asphalt emulsion, being a total of 9 specimens studied. The results show that the optimum content of asphalt emulsion is in 5% obtaining favorable results of stability of 3531.73 lb. and creep in 2.5 mm. The addition of asphalt emulsion in the granular base improves the properties of cohesion and resistance to deformation, achieving an increase in its structural coefficient and as a consequence the reduction of the pavement thicknesses up to 47.37% and in another case not presenting the need to use an asphalt folder as a rolling surface, in the place of study: entrance way of the Peruvian University Union-Juliaca Branch.

Key words: Base treated with asphalt emulsion, asphaltic base, Marshall Stability and Fluence, Structural coefficient

Capítulo I. El problema

1.1. Planteamiento del problema

El campus de la Universidad Peruana Unión-filial Juliaca se encuentra en constante crecimiento de la población estudiantil y del flujo vehicular de pasajeros y de carga, crecimiento que presenta una tasa anual del 3% (Chura & Romero, 2017). El surgimiento de este incremento en el flujo vehicular nos muestra la necesidad de vías de acceso con buenas condiciones de transitabilidad, las cuales en la actualidad se encuentran en un mal estado debido a la escasa o nula conservación y/o mantenimiento que esta presentó durante su vida útil.

El lugar de aplicación presenta también un elevado nivel freático creando de esta forma un problema. En cualquier época del año el agua, por infiltración o ascensión capilar puede acumularse en las capas granulares reduciendo su resistencia de diseño. Experiencias americanas nos muestran que el incremento de humedad en las capas granulares pueden causar posible fallas a pesar de realizar un correcto diseño del pavimento (Llamazares, 1971).

Por otra parte, la elevada explotación informal de canteras en la ciudad de Juliaca origina la depredación de este recurso no renovable, la cual origina un problema que implica principalmente al medio ambiente. La depredación de canteras produce un impacto en la naturaleza cuando existe una alteración significativa, en términos de magnitud y duración, del valor paisajístico o turístico de la zona (Martínez, 2014).

Con el fin de reducir la depredación indiscriminada de canteras deben elaborarse investigaciones que reduzcan la explotación de material granular utilizadas en carreteras. Sin embargo, para la elaborar estas investigaciones se necesitan antecedentes locales, que nos permitan conocer el comportamiento de la estructura propuesta en la zona de estudio. De manera que se puedan proporcionar métodos para optimizar recursos no renovables en la construcción de carreteras, debido a que las canteras presentan una cantidad limitada de material de préstamo.

En consecuencia ¿Cómo optimizar el espesor de un pavimento?

1.2. Interrogantes de la investigación

1.2.1. Problema general

¿Cómo optimizar el espesor de un pavimento utilizando emulsión asfáltica?

1.2.2. Problemas específicos

¿Qué características presentan los materiales a utilizar?

¿Cuál es el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica a utilizar?

¿Cuáles son las propiedades mecánicas de las muestras?

¿Cuál es el espesor óptimo del pavimento a proponer?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Plantear la aplicación de un método para optimizar los espesores en la estructura del pavimento utilizando emulsiones asfálticas y su aplicación en la vía de ingreso del campus a la Universidad Peruana Unión- filial Juliaca.

1.3.2. Objetivos específicos

Caracterizar los materiales para base granular a realizar mediante ensayos de laboratorio.

Realizar el diseño de la mezcla para la obtención del porcentaje óptimo de emulsión asfáltica de los materiales caracterizados.

Determinar las propiedades mecánicas de las muestras diseñadas.

Obtener una óptima estructura del pavimento en base a las propiedades alcanzadas.

1.4. Justificación

Dada la elevada explotación informal en la ciudad de Juliaca, que como consecuencia genera la depredación indiscriminada de canteras, es necesario realizar investigaciones con el fin de reducir impactos negativos en el medio ambiente. Aunque no se presentan investigaciones locales con esta finalidad, es muy importante enfocarnos en el problema que a futuro puede agotar las reservas limitadas de material granular.

El problema que surge en la Región de Puno nos muestra la necesidad de poder utilizar de manera eficiente los recursos naturales de origen pétreo, para poder reducir la depredación de canteras al realizar obras viales. Asimismo Dávila (2016) menciona que al

mezclar material pétreo, la cual cumple las especificaciones técnicas requeridas, con emulsión asfáltica mejoran sus características mecánicas obteniéndose mejores coeficientes estructurales, lo cual nos permite obtener igual o mejores valores de soporte con menores espesores de capa. También se podrá aportar un mejor comportamiento frente a acciones climatológicas que presentan en el medio donde se proyectara el pavimento porque le brindara impermeabilidad y estabilidad al suelo tratado (MTC, 2014), de esta forma constituye una solución a la depredación de canteras de material granular.

Por lo tanto, mediante este trabajo se pretende aportar a futuras investigaciones, pues permite reducir significativamente la depredación de canteras, incrementar la vida útil del pavimento y también satisfacer la necesidad social producida en la Universidad Peruana Unión.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Caparó & Escalante (2015) en su investigación denominada “Estabilización de suelos con emulsión asfáltica in situ en la Av. Prolongación Andrés Avelino Cáceres, Análisis Comparativo”, nos muestran la evaluación estructural y funcional del pavimento de la Av. Prolongación Andrés Avelino Cáceres la cual se encontraba en un estado pobre según muestran los resultados del método de evaluación PCI, la cual mide la serviciabilidad, por otro lado la evaluación mostraba estructuralmente que el 50 % del pavimento se encontraba en buen estado, por ello se tomó en consideración la reutilización de esta añadiéndole emulsión asfáltica para que la base pueda mejorar sus propiedades mecánicas. El proyecto de investigación consta de 4 alternativas de solución frente al problema diagnosticado, dentro de las cuales muestra un pavimento convencional y un pavimento reutilizado y estabilizado con emulsión asfáltica, donde cada una tenía 2 propuestas de diseño. La mejor alternativa tomada por los autores fue la alternativa N°01 la cual mostraba un pavimento reutilizado y estabilizado con emulsión asfáltica donde presentaba una carpeta asfáltica de 5 cm y una base de 15 cm que cumplía con el análisis costo-beneficio y cumplía con los parámetros técnicos de la norma.

Montenegro & Ccora (2011) en su investigación titulada “Estudio comparativo del mejoramiento de la base aplicando estabilizadores: emulsión asfáltica, cal y cemento – Carretera Cañete – Chupaca: Tramo Km 152+000 – 158+000”, la presente investigación realiza una comparación entre 3 tipos de estabilizadores que son la emulsión asfáltica, cemento y cal para un suelo determinado que según su clasificación corresponde a un GC o un A-2-4. La investigación muestra los procedimientos necesarios para poder evaluar el comportamiento mecánico de cada muestra estabilizada, así como su proceso constructivo en obra, luego de los ensayos realizados a cada muestra suelo-estabilizador, se procedió a poder realizar el diseño estructural del pavimento a proponer. Finalmente se realizó un análisis de costos de cada propuesta según el estabilizador a utilizar, para poder tener un análisis comparativo de costo beneficio; dicho análisis mostro como mejor propuesta un pavimento estabilizado con cemento en 5%, pero mostrando un menor espesor de pavimento en la base estabilizada con emulsión asfáltica donde se obtuvo 23 cm, la cual correspondía a 8 cm de base y 15 cm de subbase.

Rosero Alvarado (2013) en su investigación titulada “Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (Aplicación Calle Nogales Parroquia Nayón L= 1.0 km)”, la investigación busca demostrar las ventajas obtenidas al utilizar emulsión asfáltica para poder estabilizar material granular deficiente de las canteras: Pomasqui y Mitad del

mundo de la ciudad de Quito-Ecuador, para luego ser utilizadas como base en pavimentos. Para ello se hizo un estudio del material a estabilizar determinando de esta forma las propiedades físico-mecánicas que esta presentaba, para luego poder formar una combinación de agregados que cumpla con la normativa correspondiente. Luego se determinó la cantidad de emulsión necesaria por medio de la aplicación del método Marshall Modificado, obteniendo de esta manera las correspondientes dosificaciones de emulsión y agua; cantera Pomasqui presenta un porcentaje mínimo de emulsión de 6.2 % y agua de 7.8% y cantera Mitad del Mundo presenta un porcentaje mínimo de emulsión de 5.3% y agua de 6.5%, aplicando una emulsión asfáltica de tipo catiónica y rotura lenta CSS-1h. Con los correspondientes datos se realizó la correspondiente aplicación en el pavimento de la calle Nogales que correspondía a 1 km. Finalmente se obtuvo un diseño de pavimento con espesor de base de 24 cm y carpeta asfáltica de 10.5 cm.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Pavimentos

2.2.1.1. Concepto de pavimentos

Pattillo (1988) denomina que un pavimento es la estructura que recibe a las solicitudes de tránsito y clima y las traspasa a la subrasante, repartidas de manera que este pueda soportar tales solicitudes sin sufrir deformaciones, durante un periodo de tiempo determinado.

Se tienen principalmente los siguientes tipos de pavimentos:

2.2.1.1.1. Pavimentos flexibles

Se caracteriza por estar conformado con una superficie de mezcla asfáltica, apoyadas sobre dos capas de material granular, base y sub-base. Sin embargo, puede presentarse la ausencia de cualquiera de estas capas el cual dependerá de las solicitudes particulares de la obra.

2.2.1.1.2. Pavimentos semirrígidos

Presenta una conformación estructural similar a la de un pavimento flexible, pero a diferencia de que una de sus capas se encuentra rigidizada de manera artificial con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas de los materiales que no cumplen los parámetros para su utilización en capas de pavimentos.

2.2.1.1.3. Pavimentos rígidos

Están constituidos primordialmente por una losa de concreto que se apoya sobre una capa de material granular denominada sub-base.

2.2.1.2. Estructura de los pavimentos

La estructura de un pavimento se divide en las siguientes partes:

2.2.1.2.1. Superficie de rodadura

Es la capa superior de un pavimento que tiene como finalidad: presentar una superficie de rodamiento uniforme y estable a la sollicitación del tránsito, resistir los esfuerzos generados por las cargas de tránsito.

2.2.1.2.2. Base

La base está constituido como el principal elemento portante de la estructura del pavimento, cumpliendo su finalidad de: transmitir y absorber la totalidad de las cargas verticales.

2.2.1.2.3. Sub base

Esta capa está constituido por material granular de baja calidad, cumple con la función de transmitir esfuerzos, drenar el agua del pavimento y controlar los cambios volumétricos de la subrasante

2.2.2. Base tratada con Emulsión asfáltica

2.2.1.1. Base Granular

“Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento” (MTC, 2008).

2.2.1.2. Emulsión Asfáltica

“Es un producto bituminoso compuesto por cemento asfáltico, emulsificante y agua, que al ponerse en contacto con el material pétreo produce un desequilibrio que ocasiona su rotura, llevando las partículas del asfalto a adherirse a la superficie del material pétreo” (MTC, 2013).

2.2.3. Aplicaciones

“Los procesos en la tecnología de emulsiones asfálticas hacen posible el empleo de mezclas con emulsiones con una amplia variedad de aplicaciones en construcción, rehabilitación y mantenimiento de pavimentos” (Instituto del Asfalto, 2001). La siguiente tabla enumera los principales usos de las mezclas con emulsiones asfálticas.

Tabla 1

Usos principales de mezclas con emulsión asfálticas

USO DE LA MEZCLA	PROPOSITO DEL TRATAMIENTO CON EMULSION
Como una ayuda constructiva	Facilitar la construcción del pavimento y en algunos casos proveer una plataforma de trabajo
Mejoramiento del comportamiento agregados marginales	Mejorar el agregado, alcanzando la calidad de una buena base granular sin tratar
Como una superficie de rodamiento temporaria	Proveer una superficie que pueda ser utilizada hasta que se coloca con carácter de pavimento permanente una mezcla asfáltica en caliente o una mezcla con emulsión de alta calidad
Reducir el espesor del pavimento	Incrementar la resistencia de los materiales del pavimento y reducir el espesor necesario de la estructura con respecto al espesor correspondiente a un material sin tratar.
Mezclas abiertas para carpetas y bases	Producir una mezcla de alta calidad para tráfico muy intenso. Estas mezclas tienen buena flexibilidad y resistencia a la deformación permanente
Superficie de rodamiento de granulometría cerrada	Producir una mezcla para carpetas estables que no sufrirán ahuellamiento ni desplazamientos
Sub-base de pavimentos	Permitir el uso de agregados de menor calidad para la elaboración de sub-base aceptables. Para esta aplicación se pueden usar arenas, arenas limosas y arenas y gravas de pobre gradación.
Mezclas de mantenimiento de uso inmediato y para acopio	Proveer mezclas de bacheo trabajables que puedan ser diseñadas para su uso inmediato o para almacenamiento a largo plazo.

Nota: Fuente: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas N°19 (2001).

2.2.4. Propiedades de las bases tratadas con emulsiones asfálticas

La mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad lograr las siguientes propiedades:

- Un aumento de su estabilidad por características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas de suelos.
- Una impermeabilización de suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas (MTC, 2014).

Torres (2007) menciona que mediante la incorporación de asfalto a los materiales granulares este genera aportes de impermeabilización y adhesión aumentando las características mecánicas frente a la reducción de resistencia al corte, flexión y módulo elástico producido por la presencia del agua en la estructura estabilizada.

Una base tratada con emulsión Asfáltica presenta reducciones en el costo del mantenimiento debido a que, al mejorar el material de la base, la mejora no solo se limita en capa superficial o capa base. Las figuras 1 y 2 muestran que, según el modelo Per Ullidtz, los daños de subbase y subrasante también se redujeron. Para todas las 33 combinaciones asumidas, los daños de subbase y subrasante se ubican dentro del 100%.

En la estructura de los pavimentos, que se compone de EATBs y HATBs, alrededor del 10% los daños se desarrollaron en la subbase y se redujeron a alrededor del 5% en la subrasante. Usando FATB, el daño también se redujo, pero no tan obvio como EATB y HATB. Sin embargo, en comparación con la capa superficial y la base, las mejoras del asfalto en el tratamiento fueron menos significativos (Peng et al, 2011).

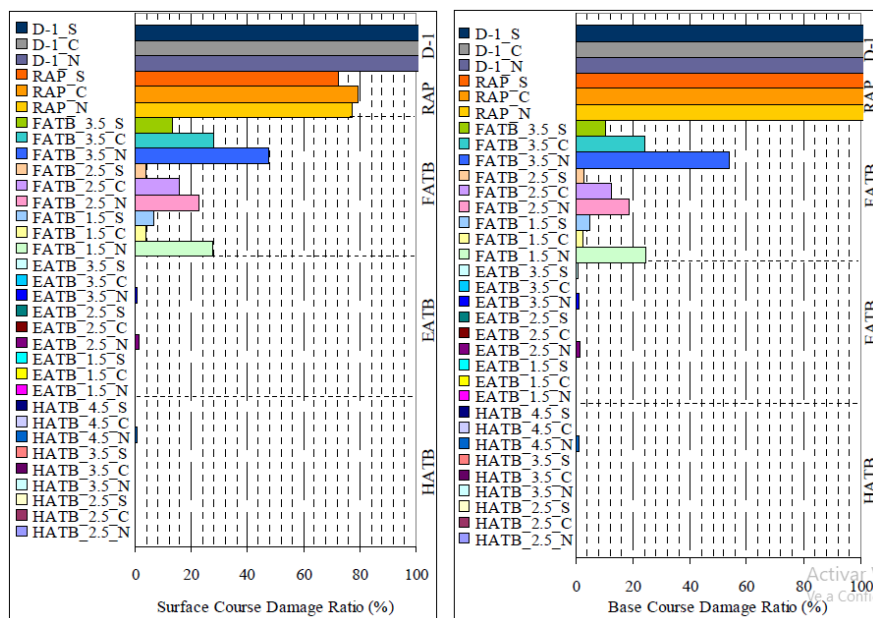


Figura 1. Efecto de la base tratada sobre superficie de rodadura.

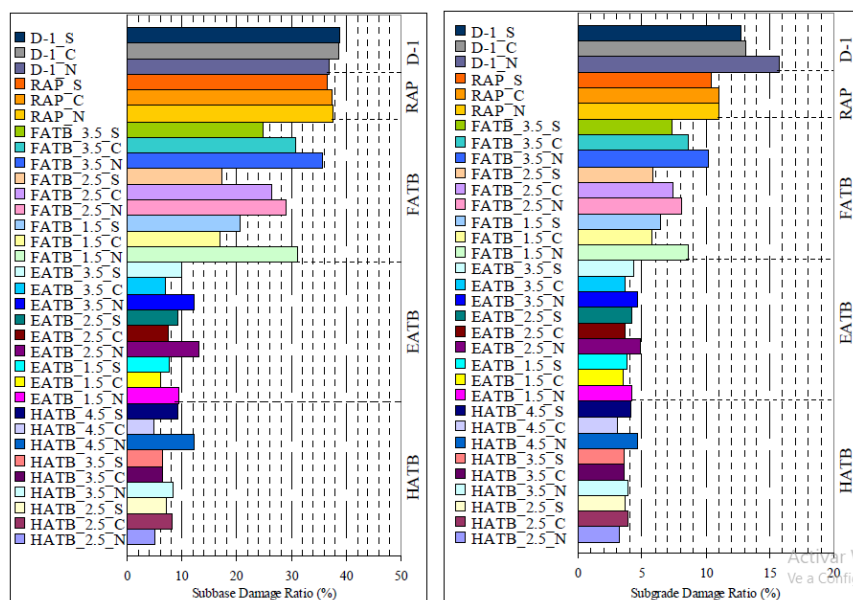


Figura 2. Efecto de la base tratada sobre la sub-base y la subrasante.

2.2.5. Diseño de Mezcla

2.2.4.1. Parámetros

2.2.4.1.1. Bases tratadas con asfalto

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) en la publicación del Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción presenta que todo material granular utilizado en capas de base tratada debería cumplir con los requisitos del capítulo N°4 (Subbases y bases).

a. Granulometría

Tabla 2

Requerimientos granulométricos para base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm. (N° 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm. (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 um. (N° 40)	8_20	15-30	15-30	25-45
75 um. (N° 200)	2_8	5_15	5_15	8_15

Nota: Fuente: ASTM D1241

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que se indican en la tabla.

Tabla 3

Valor relativo de soporte

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Trafico en ejes equivalentes ($< 10^6$)	Min. 80%
	Trafico en ejes equivalentes ($\geq 10^6$)	Min. 100%

Nota: Fuente: Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013).

b. Agregado grueso

Tabla 4

Requerimientos de Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				<3000 msnm	≥3000 msnm
Partículas de una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con 2 caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión los ángeles	MTC E 207	C 131	T96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C88	T104		18% máx.

Nota: Fuente: Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013).

c. Agregado fino

Tabla 5

Requerimiento de Agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Requerimientos Altitud	
		<3000 msnm	≥3000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% min.	45% min.
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209		15%

Nota: Fuente: Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013).

2.2.4.1.2. Emulsiones asfálticas

Según el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013) el estabilizante deberá ser emulsión asfáltica catiónica, será del tipo de rotura lenta (CSS-1h), el cual deberá cumplir con los requisitos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6

Requerimiento de Emulsión Asfáltica Catiónica

Características	Ensayo	CSS-1h	
		Min.	Max.
Viscosidad. Saybort Furol a 77°F (25°C). s	MTC E 403	20	100
Estabilidad de Almacenamiento, 24-h, %*	MTC E 404		1
Carga de partícula	MTC E 407	POSITIVO	
Prueba de Tamiz, %	MTC E 405		0.1
Mezcla por cemento, %	ASTM D-6935		2
Destilación:			
Residuo, %	MTC E 401	57	
Pruebas sobre el residuo de destilación			
Penetration, 77°F (25°C), 100 g, 5 s	MTC E 304	40	90
Ductilidad, 77°F (25°C), 5 cm/min, cm	MTC E 306	40	
solubilidad en tricloroetileno, %	MTC E 302	97.5	

Nota: Fuente: Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013)

2.2.4.2. Procedimiento

2.2.4.2.1. Estudio de los agregados a utilizar

Los agregados de granulometría cerrada que cumplen los requerimientos de la tabla se cuentan entre los adecuados para mezclas con emulsiones asfálticas. Para el caso de granulometrías conteniendo apreciables cantidades de finos, puede ser necesario, previamente a la compactación, airear o secar el material.

Tabla 7

Agregados para Mezclas, con Emulsión, de Granulometría Cerrada

TAMAÑO DEL TAMIZ			MAT. SEMI-PROCESADO DE TRITURACION, DE CANTERA O DE RIO	GRANULOMETRIA PARA MEZCLAS ASFALTICAS CERRADAS, PORCENTAJE PASANTE EN PESO				
50 mm	2 Pulg.		-	100	-	-	-	-
37.5 mm	1 1/2 Pulg.		100	90-100	100	-	-	-
25 mm	1 Pulg.		80-90	-	90-100	100	-	-
19 mm	3/4 Pulg.		-	60-80	-	90-100	100	100
12.5 mm	1/2 Pulg.		-	-	60-80	-	90-100	90-100
9.5 mm	3/8 Pulg.		-	-	-	60-80	-	-
4.75 mm	N°4		25-85	20-55	25-60	35-65	45-70	60-80
2.36 mm	N°8		-	10-40	15-45	20-50	25-55	35-65
1.18 mm	N°16		-	-	-	-	-	-
600 um	N°30		-	-	-	-	-	-
300 um	N°50		-	2-16	3-18	3-20	5-20	6-25
150 um	N°100		-	-	-	-	-	-
75 um	N°200		03-15	0-05	1-7	2-8	2-9	2-10
Equivalente de arena (%)			30 min.	35 min.	35 min.	35 min.	35 min.	35 min.
Ensayo Los Ángeles, a 500 rev.			-	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.
Porcentaje de caras trituradas			-	65 min.	65 min.	65 min.	65 min.	65 min.

Nota: Fuente: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas N°19 (2001).

2.2.4.2.2. Selección del tipo de emulsión y grado de emulsión

Para producir mezclas en frío de granulometría cerrada, se emplean dos tipos de emulsiones asfálticas: de rotura lenta (SS) y de rotura media (MS).

El uso de las emulsiones de rotura lenta será en agregados con elevada cantidad de material pasante el tamiz N° 200 y si no se desea acopiar la mezcla asfáltica, por otro lado las emulsiones de rotura media son empleados en agregados donde el material pasante el tamiz N° 200 es escaso y la mezcla sea destinada a acopio. (Instituto del Asfalto, 2001).

2.2.4.2.3. Determinación del contenido tentativo de asfalto

según el Instituto del asfalto (2001) existen varios procedimientos para de determinar el contenido tentativo de asfalto, sin embargo en este procedimiento de diseño se utilizaran fórmulas para mezclas utilizadas como base y como superficie de rodadura, la cual está basada en el porcentaje de agregados pasantes del tamiz N° 4.

Mezclas para base

$$\% \text{ de emulsion} = \frac{[(0.06*B)+(0.01*C)]*100}{A} \quad (1)$$

Mezclas para carpetas asfálticas

$$\% \text{ de emulsion} = \frac{[(0.07*B)+(0.03*C)]*100}{A} \quad (2)$$

Donde:

% de emulsión: porcentaje inicial estimado de emulsión asfáltica, expresado en función del peso seco del agregado.

A: porcentaje de residuo de emulsión por destilación (Paso 1)

B: porcentaje de agregado seco que pasa el tamiz N°4 (4.75 mm)

C: 100-B porcentaje de agregado seco retenido en el tamiz N°4 (4.75 mm)

2.2.4.2.4. Ensayo de recubrimiento y adherencia

El ensayo de recubrimiento y adherencia del agregado-ligante, comprenden la evaluación preliminar de la emulsión asfáltica para realizar el diseño de mezcla asfáltica. Se realiza la mezcla del agregado y el contenido tentativo de emulsión asfáltica, para luego estimar visualmente el recubrimiento y calificándola como satisfactorio, si las partículas de agregado son cubiertas en gran parte por ligante o insatisfactorio si en dichas partículas es escaso el recubrimiento del ligante, sin embargo cabe resaltar que para mezclas utilizadas

como carpeta se requiere mayor recubrimiento que para mezclas utilizadas como base. (Instituto del Asfalto, 2001).

Procedimiento del ensayo de recubrimiento

- ✓ Determine el contenido de humedad de una muestra representativa del agregado. Debe ponerse cuidado en conservar la humedad de campo. Si el agregado se recibe seco o se ha secado para realizar la composición granulométrica, se debe agregar a las muestras del agregado o de los agregados individuales combinados 24 horas antes de realizar cualquier ensayo, la humedad que se estima presente en el acopio.
- ✓ Pese el equivalente de 500 gramos de agregado seco (500 gramos + humedad) en un bol de mezclado apropiado.
- ✓ De ser necesario. Pese el agua de premezclado y mezcle manualmente durante 10 segundos o hasta que tenga apariencia de dispersión uniforme.
- ✓ Pese el contenido de emulsión asfáltica a la temperatura de uso previa y agréguelo al agregado húmedo, mezcle manualmente en forma vigorosa durante 60 segundos o hasta que ha tenido lugar una dispersión suficiente en la totalidad de la mezcla.
- ✓ Coloque la mezcla sobre una superficie plana y estime visualmente el grado de recubrimiento. Si se desea, puede evaluarse la resistencia de una fracción de la mezcla fresca; sumerja totalmente la mezcla en agua (un volumen de agua de alrededor de dos veces el volumen de la mezcla) y luego vacíe el agua, colocando la muestra sobre una superficie plana y estimando visualmente el grado de recubrimiento retenido. Si es satisfactorio, verifique la adherencia del asfalto. Si la adherencia no es aceptable, entonces debería modificarse la emulsión empleada o elegirse otro grado.

Procedimiento del ensayo de adherencia

- ✓ Cure una fracción de 100 gramos de la mezcla producida anteriormente (no la fracción sumergida en el agua) en una bandeja y en una estufa de circulación forzada durante 24 horas, a 60 °C (140 °F).
- ✓ Coloque la mezcla curada en una estufa en un vaso de precipitado de 600 ml conteniendo 400 ml de agua destilada en ebullición.
- ✓ Devuelva el agua a su punto ebullición y manténgalo, y agite el agua durante 3 minutos, a una revolución por segundo.
- ✓ Derrame el agua y coloque la mezcla sobre un trozo de papel blanco absorbente.

- ✓ Luego de que la mezcla se ha secado, evalúe visualmente el porcentaje de recubrimiento asfáltico retenido. De ser satisfactorio, continúe el diseño de la mezcla; de no ser aceptable, la emulsión en uso debería ser modificada o elegirse otro grado.

2.2.4.2.5. *Fabricación de briquetas*

Preparar de 3 a más porciones con diferentes contenidos de emulsión asfáltica, teniendo en cuenta el contenido tentativo de emulsión y aumentando el porcentaje de emulsión asfáltica si la mezcla carece de recubrimiento o inversamente si la mezcla parece rica en recubrimiento. La diferencia entre las proporciones de emulsión debe de ser de 1% o 65% cuando el residuo asfáltico de la emulsión es del 65% (Instituto del Asfalto, 2001).

Procedimiento de mezclado

- ✓ Pese en proporciones representativas para mezclas, adecuados a la correcta cantidad de agregado del proyecto en condición húmeda, para obtener un espécimen compactado cuya altura es de 63.5 +- 6 mm, todo esto para cada muestra. La cantidad normalmente necesaria es de alrededor de 1200 gramos de agregado seco.
- ✓ Si se necesita agua de pre-mezclado, pese agregándola al agregado, la cantidad predeterminada tal cual se estableció en el ensayo de recubrimiento y mezcle durante 10 segundos o hasta que la mezcla este uniformemente distribuida.
- ✓ Pese la cantidad de emulsión para luego agregarla sobre el agregado y remueva vigorosamente durante 60 segundos o hasta que la emulsión presente una dispersión suficiente en la mezcla.

Procedimiento de compactación

- ✓ Previamente a la compactación es necesario airar o secar la mezcla. Si el líquido total excede los vacíos en el agregado mineral, no se puede lograr una compactación adecuada y esta condición se puede detectar cuando el martillo rebota y/o el espécimen exuda líquido.
- ✓ Limpiar el molde para la colocación de la mezcla y la cara del martillo de compactación. Coloque un disco de papel en el fondo del molde y con una espátula aplique vigorosamente 15 golpes alrededor del perímetro y 10 golpes en el interior del molde, alise la superficie de contacto para luego aplicar la carga.
- ✓ Aplique 75 golpes con el martillo de compactación con una caída libre de 457.2 mm. Quite la base del molde y el collar e invierta el espécimen compactado y aplique otros 75 golpes de compactación, esta vez sobre la cara del espécimen invertido.

- ✓ Retire la base, el collar y los discos de papel y coloque el molde, con el espécimen compactado en su interior, en el horno a 60 °C durante 48 horas.
- ✓ Pasados las 48 horas, deje enfriar los especímenes en el molde durante una hora como mínimo para luego realizar el correspondiente desmoldado.

2.2.4.2.6. Ensayo de briquetas

Parámetros volumétricos

“El método más simple y más usado para determinar la densidad bruta (bulk density) es dividir el peso del espécimen en el aire por el volumen. Si no por otra razón, la densidad bruta debería ser determinada para comprobar la validez de la compactación y/o composición de especímenes similares” (Instituto del Asfalto, 2001).

$$Db = \frac{Wa}{(H*A)} \quad (3)$$

Donde:

Db: Densidad bruta de un espécimen de mezcla compactada

Wa: Peso, en el aire, del espécimen compactado

H: Altura del espécimen compactado

A: Área de la sección transversal de un espécimen compactado.

El Instituto del Asfalto (2001) establece otros parámetros volumétricos como: porcentaje de vacíos, vacíos ocupados con asfalto y vacíos en el agregado mineral, las cuales son determinados teniendo en cuenta los ensayos D 70, D 1188, D2041, 2726 y D 3203 del ASTM.

Ensayo de estabilidad y fluencia

Los valores de la estabilidad y fluencia se determinan según el procedimiento del ASTM D 1559, teniendo en cuenta que los especímenes compactados serán colocados en un baño de aire a una temperatura de 25+/- 1°C, durante 2 horas. Generalmente se emplean estabilidades de 500 libras en pavimentos de mediano o bajo volúmenes de tránsito. Sin embargo, valores mínimos de estabilidad pueden ser justificadas con experiencias locales. (Instituto del Asfalto, 2001).

2.2.6. Diseño de pavimento flexibles AASHTO 1986/1993

2.2.5.1. Procedimiento de diseño

- ✓ Calcular el tráfico para el periodo de diseño.
- ✓ Determinar la confiabilidad y la desviación estándar total.

- ✓ Establecer el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante
- ✓ Determinar la pérdida de serviciabilidad de diseño
- ✓ Obtener el número estructural
- ✓ Establecer los espesores que satisfagan el número estructural

2.2.5.2. Variables de diseño

a. Confiabilidad

“La confiabilidad en el diseño de pavimentos es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista bajo las condiciones que tiene tienen lugar a ese lapso” (Menéndez, 2009).

b. Serviciabilidad

“Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece” (MTC, 2014).

c. Factor direccional y factor carril

El factor de distribución direccional corresponde al número de vehículos que transitan en una dirección o sentido de tráfico, generalmente corresponde al 50% del total de tráfico circulante en ambas direcciones. Sin embargo, en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, esto se debe de acuerdo al conteo de tráfico (MTC, 2014).

d. Numero de repeticiones de ejes equivalentes

Las cargas de tráfico vehicular sobre un pavimento, son expresadas en ESALs, que equivalen a 18-kip, 80-kN o 8.2 tn, que se denominan Ejes Equivalentes (EE). La sumatorias de ESALs durante el periodo de diseño es referida también como (W18), conocido normalmente como Número de Repeticiones de EE de 8.2 tn (MTC, 2014).

e. Numero estructural

“Representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán” (MTC, 2014).

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3 \quad (4)$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

d_1, d_2, d_3 = espesores de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

m_2, m_3 = coeficiente de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente.

f. Coeficiente de drenaje

“El valor del coeficiente de drenaje está dado por dos variables que son: la calidad del drenaje y la exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación” (MTC, 2014).

g. Coeficiente de capa

“Representa una medida de la habilidad relativa del material de funcionar como componente estructural del pavimento” (Menéndez, 2009).

2.3. Normas utilizadas

2.3.1. Manual de carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras

Este manual tiene por finalidad uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relativas a las obras de infraestructura vial, con el propósito de estandarizar los procesos que conduzcan a obtener los mejores índices de calidad de la obra (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

2.3.2. Manual de carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

El manual pretende facilitar el diseño de capas superiores y de la superficie de rodadura en carreteras pavimentadas y no pavimentadas, dotándolas de estabilidad estructural para lograr su mejor desempeño en términos de eficiencia técnico-económica (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

2.3.3. Manual de Ensayo de Materiales

El manual contiene los métodos y procedimientos que deben desarrollarse para ensayar los diferentes materiales a emplear o incorporar en las diferentes fases de la gestión de la infraestructura vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

2.3.4. Manual Básico de Emulsiones Asfálticas MS N° 19

Explica las propiedades generales de las emulsiones asfálticas y sus usos. Nos ayuda también a resolver los problemas que pueden presentarse en aquellos proyectos en los que se emplean emulsiones (Instituto del Asfalto, 2001).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La mejora de las características de la base granular con el uso de emulsión asfáltica disminuye el espesor del pavimento e incrementa sus propiedades físicas y mecánicas.

2.4.2. Hipótesis específica

Los ensayos de laboratorio mostraran las características del material a utilizar.

El porcentaje óptimo de emulsión asfáltica será aquel que utiliza un menor porcentaje de emulsión logrando mejores propiedades.

La adición de emulsión asfáltica en la base mostrara un incremento en las propiedades de estabilidad y fluencia de la base asfáltica.

El diseño del pavimento mostrara la reducción del espesor de un pavimento convencional, debido a la adición de emulsión asfáltica.

Capítulo III. Metodología

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación según su finalidad es aplicada, puesto que la investigación se enfoca sobre la solución de problemas más que sobre la formulación de teorías (Valderrama, 2002).

3.2. Diseño de investigación

Se asume una investigación experimental, a su vez la investigación a realizar será de categoría cuasiexperimental (Valderrama, 2002). Y son cuasi experimentales porque los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos (Hernández et al., 2014).

Tabla 8

Diseño de la investigación

Grupo	Preprueba	Variable independiente	postprueba
E	Y ₁	X	Y ₂
C	Y ₁	-	Y ₂

Nota: Fuente: Adaptado del libro: "Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica" por Valderrama, S (2002).

El diseño muestra que se investigó dos muestras iguales sin una asignación aleatoria. El grupo de control (C) muestra una base sin tratar y por otra parte el grupo experimental (E) corresponde a una base tratada con emulsión asfáltica en un porcentaje determinado respecto a la composición granulométrica del material granular (X), finalmente se realizó la medición de las propiedades (Y₂), para luego determinar su coeficiente estructural y realizar el diseño de pavimentos correspondiente.

3.3. Variables y su Operacionalización

La variable con la cual se va a trabajar en esta investigación es el espesor de la base del pavimento, la cual dependerá del coeficiente estructural que se obtendrá producto de la adición de emulsión al material granular.

Variable independiente

Características físicas-mecánicas de la base granular

Variable dependiente

Espesor de la base granular del pavimento

Tabla 9

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Características física-mecánicas de la base granular	Es la información de las características físicas que debe presentar el material granular para ser utilizado como base	Gradación de los agregados	Granulometría
			Abrasión los ángeles
		Características del Agregado fino	Índice plástico
			Equivalente de arena
Espesor de la base granular del pavimento	es la dimensión de la base granular	Coefficiente estructural de base tratada con asfalto	Estabilidad Marshall

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población a analizar para la presente investigación son las canteras de la Ciudad de Juliaca.

3.4.2. Muestras

En la presente investigación la muestra corresponde a la combinación de las canteras Isla y Vallecito que cumplen con las especificaciones técnicas requeridas para poder ser utilizada como base granular, teniendo en cuenta los requisitos según las especificaciones técnicas generales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La elección de estas canteras se dio debido a que están más próximas a la zona de estudio (vía de ingreso al campus de la Universidad Peruana Unión-Juliaca), por lo tanto será más económico el costo de transporte de material granular.

3.5. Materiales

3.5.1. Emulsión asfáltica

Se utilizó la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta CSS-1h de uso en mezclas en frío, que cumple con la normativa ASTM D244, ASTM D 5, ASTM D 113, ASTM D 2042, MTC E 403, MTC E 401, MTC E 405, MTC E 407, MTC E 410, MTC E 304, MTC E 306 y MTC E 302, los parámetros característicos de la emulsión CSS-1h que se utilizó se muestran en la tabla 9 (ver anexo A-4).

Tabla 10

Ficha Técnica Emulsión Asfáltica de Rotura Lenta

ENSAYOS	METODO		EMULTEC CSS-1	
Ensayos sobre la emulsión	ASTM	MTC	Mínimo	Máximo
Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C, ssf	D 244	E 403	20	100
Estabilidad al almacenamiento, 24 hr, %	D 245		-	1
Contenido de asfalto				
Destilación - residual, %	D 246	E 401	57	-
- Contenido de disolventes, %	D 247	E 401	-	-
Prueba del tamiz N° 20, %	D 248	E 405	-	-
Carga de Partícula	D 249	E 407	Positiva	
Mezcla con cemento, %	D 250	E 410	-	2
Ensayos sobre el residuo de emulsión	ASTM	MTC	Mínimo	Máximo
Penetración, 25 °C, 100 g, 5 s, dmm	D 5	E 304	40	90
Ductilidad, 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113	E 306	40	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	D 2042	E 302	97.5	-

Nota: Fuente: Ficha Técnica Emultec CSS-1 (2013).

3.5.2. Base Granular

En este estudio se realizó la combinación de canteras en los siguientes porcentajes: Isla 55% y Vallecito en 45%, esta proporción cumple con los parámetros indicados en las tablas 2, 4 y 5.

Se realizó los siguientes ensayos: análisis granulométrico (ASTM D 422/MTC 107), límite líquido (MTC E 110), límite plástico (MTC E 111), abrasión los Ángeles (MTC E 207), Contenido de Humedad (MTC E 108) y equivalente de arena (MTC E 114). Para obtener sus propiedades físicas y poder evaluarlo según el parámetro que establece la normativa (ver anexo A-3).

3.5.3. Agua

El agua utilizada para los ensayos y el diseño de mezcla fue del campus de la Universidad Peruana Unión, la cual es potable y debido a ello no se realizó pruebas de calidad.

3.6. Diseño de mezcla

El proceso del diseño de mezclas de granulometría cerrada está conformado por 3 fases que involucran diversas actividades. La mayoría de ellos son ensayos los cuales tienen que cumplir con el procedimiento del Manual Básico de Emulsiones Asfálticas.

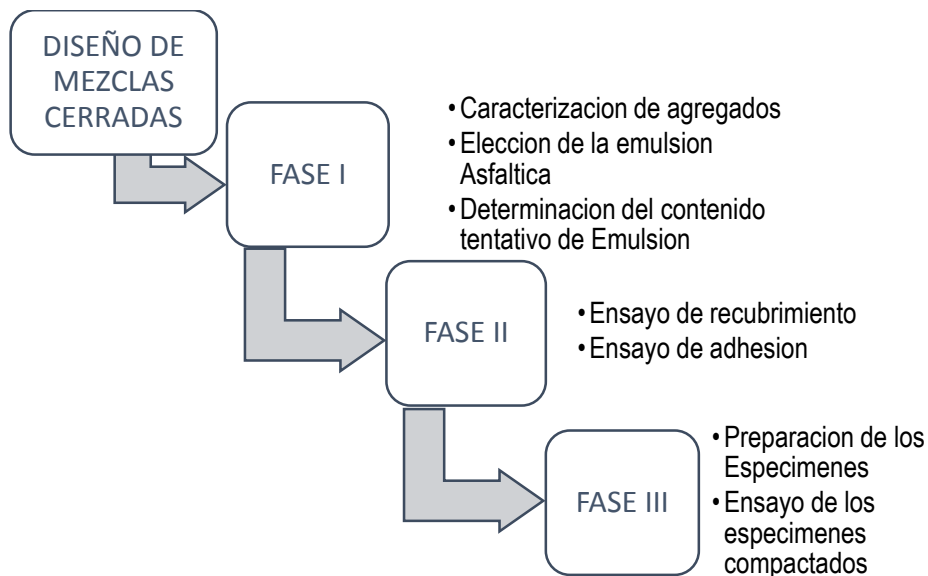


Figura 3. Proceso de diseño de mezcla cerrada.

La fase I presenta actividades preliminares para el diseño de mezclas, su objetivo es el estudio de los materiales a utilizar para luego por realizar la determinación del contenido tentativo de emulsión asfáltica, la cual está en función a la granulometría del material granular a utilizar. La fase II involucra una evaluación preliminar de la emulsión elegida para el diseño, utilizando el porcentaje tentativo determinado, para nuestro caso trabajando también con agua de pre-mezclado; el objetivo de esta fase es estimar visualmente la afinidad del material granular con la emulsión asfáltica. La fase III nos muestra los procedimientos para la correspondiente elaboración de los especímenes, que involucra el mezclado y compactado, para luego realizar el ensayo de los especímenes determinando la estabilidad y fluencia de la base tratada con emulsión asfáltica (ver anexo B).

3.7. Técnicas e instrumentos

La recolección de datos se realizará mediante ensayos al material que conformara la base granular, dichos ensayos mostraran las características físicas que el material debe de cumplir, los ensayos respectivos que deberían cumplir el material granular se encuentran registrados en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales Sección 403.

Tabla 11

Normativa para la validación de ensayos

MUESTRA	ENSAYO	NORMA
General	Granulometría	AASHTO D 422
Agregado Grueso	Abrasión los ángeles	MTC E 207
Agregado fino	Índice plástico	MTC E 111
	Equivalente de arena	MTC E 114

Nota: Fuente: Elaboración propia

Solo se utilizaron los ensayos que presentan un nivel mayor de información, ya que estos nos facilitarían datos más desarrollados de la composición física del material. Por otro lado, también podremos reducir la inversión a realizar en el proyecto de investigación.

3.8. Procedimiento de investigación

El proceso de la investigación está dividido en dos fases, las cuales son las siguientes:

3.8.1. Elaboración de especímenes

Los especímenes de suelo-emulsión se elaboraron con tres diferentes contenidos de emulsión asfáltica, se comenzó con un contenido de prueba y aumento para cada una de las dos muestras restantes. Primero se realizó la combinación de las canteras en las proporciones establecidas por la combinación, luego se procedió a añadir el agua de premezclado establecida por el ensayo de recubrimiento. Luego de realizar el mezclado y observar que la humedad presente uniformidad en su dispersión, se procede a adicionar la emulsión asfáltica removiendo durante 60 segundos y notar que se haya dispersado lo suficiente en la mezcla.

Previo a la compactación es importante airar la mezcla, para que durante este proceso no puedan surgir dificultades como la exudación. Se procedió a colocar un disco de papel en el fondo del molde, para luego realizar el llenado con la muestra y con la espátula se aplicó 15 golpes alrededores del perímetro y 10 golpes en el interior del molde. Con la espátula se procedió a alisar la zona de contacto, para luego proceder a realizar la compactación.

Se aplicó 75 golpes con el martillo de compactación en ambas caras, luego se retiró los discos de papel y el collar para poder realizar el respectivo curado del espécimen en el horno durante 48 horas a 60°C de temperatura. Acabado el tiempo de curado se procede a desmoldar para luego proceder a realizar los ensayos de los especímenes.

3.8.2. Diseño de pavimento alternativo

Después de obtener la información de estabilidad de la base tratada con asfalto, y determinado el óptimo contenido de emulsión asfáltica, se procede a determinar el coeficiente estructural para el respectivo diseño.

Para el respectivo diseño de pavimento tuvo que realizarse el aforo vehicular y la determinación del valor de soporte de la subrasante (se utilizó información de investigaciones recientes en la zona de estudio), para luego realizar las propuestas de solución frente a problemática.

3.9. Campo de estudio

Se estudió las características del material a utilizar, y para ello se eligió la canteras: Isla y Vallecito, esta elección no fue de manera aleatoria porque esta alternativa de solución tiene como propósito reducir costos de transporte de material al lugar de aplicación (ver anexo H-3).

De la exploración de campo se obtuvieron la siguiente información:

Cantera Isla

Ubicación: Se ubica al Nor-este de la ciudad de Juliaca, con un recorrido de 30 a 35 minutos, con un acceso de 7.50 km de trocha carrozable Juliaca-Puente Isla, sobre el río Cabanillas.

Accesibilidad: Es accesible por la trocha carrozable Juliaca-Puente Isla.

Cantera vallecito

Ubicación: a 0.60 km de distancia de la zona de estudio.

Accesibilidad: Es accesible por la vía asfaltada Juliaca-Arequipa.

3.10. Análisis estadístico de datos

3.10.1. Hipótesis Estadística

Tabla 12

Planteamiento de hipótesis estadística: Estabilidad Marshall

DESCRIPCION	PLANTEAMIENTO	INTERPRETACION DEL PLANTEAMIENTO
Hipótesis Nula	$H_0: T_1=T_2=T_3$	La estabilidad Marshall de los especímenes en un 5, 6 y 7% de emulsión asfáltica respecto al peso del material granular, NO PRESENTA diferencias entre promedios de los tratamientos.
Hipótesis de investigación	H_i : al menos una es diferente	La estabilidad Marshall de los especímenes en un 5, 6 y 7% de emulsión asfáltica respecto al peso del material granular, PRESENTA diferencias entre promedios de los tratamientos.

Nota: Fuente: Elaboración propia; T_1 = promedio de la estabildades en un 5% de emulsión; T_2 = promedio de la estabildades en un 6% de emulsión; T_3 = promedio de la estabildades en un 7% de emulsión. Se rechaza la hipótesis nula, si $\alpha < p$

Tabla 13

Planteamiento de hipótesis estadística: Fluencia

DESCRIPCION	PLANTEAMIENTO	INTERPRETACION DEL PLANTEAMIENTO
Hipótesis Nula	$H_0: T_1=T_2=T_3$	La Fluencia de los especímenes en un 5, 6 y 7% de emulsión asfáltica respecto al peso del material granular, NO PRESENTA diferencias entre promedios de los tratamientos.
Hipótesis de investigación	H_i : al menos una es diferente	La Fluencia de los especímenes en un 5, 6 y 7% de emulsión asfáltica respecto al peso del material granular, PRESENTA diferencias entre promedios de los tratamientos.

Nota: Fuente: Elaboración propia; T_1 = promedio de la estabildades en un 5% de emulsión; T_2 = promedio de la estabildades en un 6% de emulsión; T_3 = promedio de la estabildades en un 7% de emulsión. Se rechaza la hipótesis nula, si $\alpha < p$

3.10.2. Nivel de significancia

Se utilizó un margen de error de $\alpha = 0.05$ es decir que las pruebas de hipótesis se realizó con un nivel de confianza del 95%.

3.10.3. Grados de libertad

Los grados de libertad representan al valor más pequeño del tamaño de ambas muestras menos una unidad.

Es decir $n_1 - 1$ y $n_2 - 1$.

3.10.4. Estadística de prueba

Análisis de Varianza

La presente investigación utilizó el análisis de varianza para comparar condiciones o tratamientos y determinar si dichos tratamientos difieren significativamente entre sí.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, \alpha \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta.

μ : Media global.

τ_i : Efecto del tratamiento i -ésimo.

ε_{ij} : Error aleatorio.

3.10.5. Procedimiento de Análisis

3.10.5.1. Datos de Análisis

La información analizada se realizó en base a la hipótesis de la investigación desarrollada, los correspondientes datos comprenden los resultados de los ensayos de resistencia de las mezclas bituminosas. A continuación se presenta los datos a tomar en consideración para el proceso del análisis estadístico.

VARIABLE RESPUESTA	Estabilidad y Fluencia Marshall
FACTOR	Porcentajes de Emulsión Asfáltica
NIVELES DEL FACTOR	5, 6 y 7% de Emulsión Asfáltica
UNIDADES EXPERIMENTALES	$T_1 = 3$, $T_2 = 3$ y $T_3 = 3$ (Especímenes de Base tratada)

3.10.5.2. Proceso de Análisis

El procedimiento para el análisis estadístico se realizó en el software SPSS Statistics 24, con el propósito de reducir el tiempo de análisis y para la obtención de mayor precisión en los cálculos matemáticos. El proceso de análisis tuvo como principales objetivos la determinación de la siguiente información:

- Análisis estadísticos descriptivos

La determinación descriptiva de los datos surge para evaluar de manera continua los datos cuantitativos como la media, mediana, desviación estándar, etc. El proceso para desarrollar la correspondiente evaluación es la siguiente:

Analizar - Estadístico descriptivo - Explorar

- Prueba de análisis de varianza

El análisis de varianza nos permitirá determinar si el promedio de la variable respuesta varía en función a los diferentes tratamientos. Para su análisis se seguirá el siguiente procesamiento de datos:

Análisis – Comparar medias – ANOVA de un Factor – Opciones - Prueba de homogeneidad de varianzas

3.10.6. Regla de decisión

La regla de decisión asumida para la prueba de hipótesis es la siguiente: Si el valor de la probabilidad de que H_0 sea verdadera (p) es menor que el margen de error (α), se rechaza la hipótesis nula, de lo contrario, se asume que la hipótesis nula H_0 es la verdadera.

Capítulo IV. Resultados y discusión

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Caracterización del Material de base

Este proceso tiene como objetivo la evaluación de las características físicas y mecánicas de los materiales a emplear en el diseño de mezclas para base tratada con asfalto, el cual según el manual de suelos y pavimentos este tiene que cumplir con los parámetros de una base granular. Así mismo para nuestra investigación se estudió las canteras Isla y Vallecito realizando ensayos de caracterización, para luego realizar su combinación correspondiente.

4.1.1.1. Cantera Isla

a. Análisis granulométrico

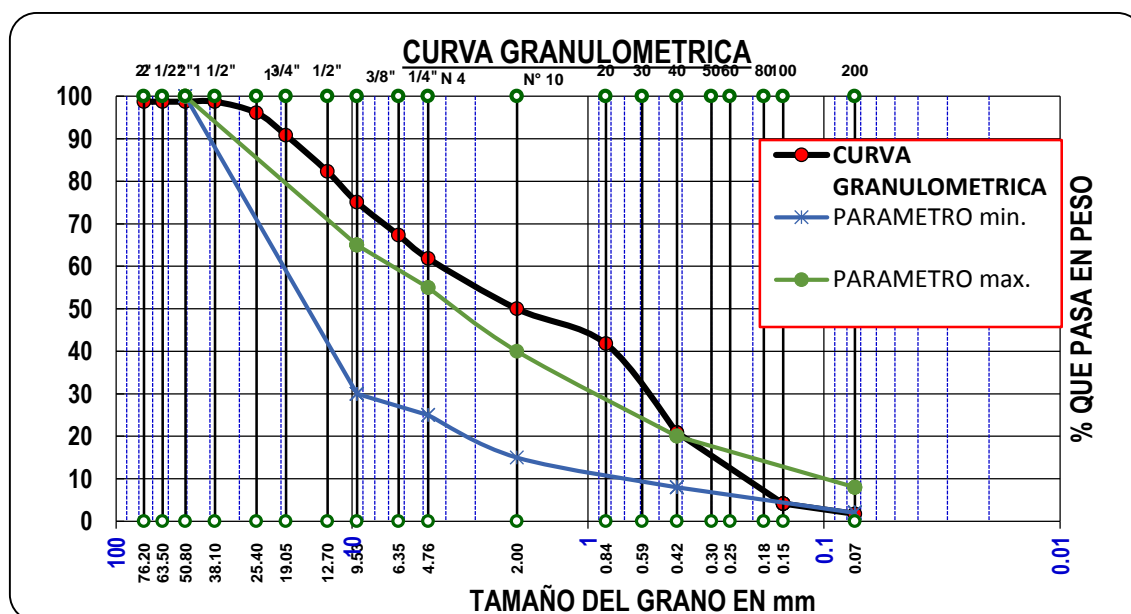


Figura 4. Gráfico de resultados granulométricos-Cantera Isla.

Tabla 14
Características granulométricas-Cantera Isla

CARACT. GRANULOMETRICAS	
Coefficiente de Uniformidad	17.75
Coefficiente de Curvatura	0.34

Nota: Fuente: Elaboración propia.

b. Índice de plasticidad

Tabla 15

Resultados del ensayo de límites de consistencia-Cantera Isla

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido	:	NP
Límite Plástico	:	NP
Índice de Plasticidad	:	NP

Nota: Fuente: Elaboración propia

c. Clasificación de la cantera

El material de cantera presenta en 1.74% la pasante del tamiz N° 200, 49.99% la pasante del tamiz N°10, 61.86% la pasante del tamiz N° 4, también muestra un coeficiente de curvatura de 0.34, un coeficiente de uniformidad de 17.75 y no presenta plasticidad. Por lo tanto este suelo puede ser considerado como un SP según el SUCS y como un A-3 según el AASHTO (Ver Anexo A-1).

4.1.1.2. Cantera vallecito

a. Análisis granulométrico

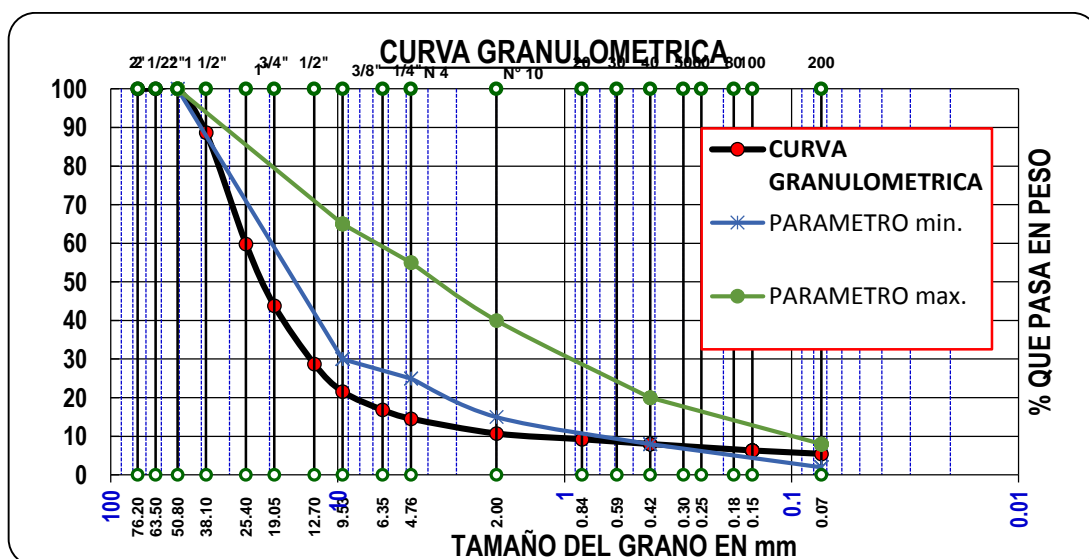


Figura 5. Gráfico de resultados granulométricos-Cantera Vallecito.

Tabla 16

Características granulométricas-Cantera Vallecito

CARACT. GRANULOMETRICAS	
Coeficiente de uniformidad	17.67
Coeficiente de curvatura	4.77

Nota: Fuente: Elaboración propia.

b. Índice de plasticidad

Tabla 17

Resultados del ensayo de límites de consistencia-Cantera Vallecito

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Limite Liquido	:	26.58%
Limite Plástico	:	18.29%
Índice de Plasticidad	:	8.29%

Nota: Fuente: Elaboración propia.

c. Clasificación de la cantera

El material de cantera presenta en 5.45% la pasante del tamiz N° 200, 10.71% la pasante del tamiz N°10, 14.56% la pasante del tamiz N° 4, también muestra un coeficiente de curvatura de 4.77, un coeficiente de uniformidad de 17.67 y presenta un índice de plasticidad de 8.29%. Por lo tanto este suelo puede ser considerado como un GP o GC según el SUCS y como un A-2-4 según el AASHTO (Ver Anexo A-2).

4.1.1.3. Combinación de canteras

Como se muestra en la figura 2 y 3 las canteras Isla y Vallecito no cumplen con los parámetros granulométricos establecidos y es por ello que se decide combinar las canteras, para lograr de tal forma una granulometría que este dentro de los parámetros de la normativa (ver anexo A-3).

a. Combinación teórica:

La combinación teórica de canteras se realizó por el método de dosificación de agregados por peso, debido a que no existe parámetro técnico normativo que defina un método en específico para la combinación de agregados de canteras, debido a que con este método proporcionamos tentativamente los porcentajes de combinación de los materiales de canteras, tomándose en consideración primordial el criterio del ingeniero responsable.

Tabla 18

Combinación de canteras Isla y Vallecito

Tamiz N°	SUELO-CANTERA VALLECITO			AGREGADO-CANTERA ISLA			PESO RETENIDO
	PESO	% QUE PASA	45%	PESO	% QUE PASA	55%	
2 50.80		100.00	45.00		100.00	55.00	100.00
1 1/2" 38.10		89.63	40.33	87.66	98.75	54.31	94.64
1" 25.4	113	72.07	32.43	182.14	96.15	52.88	85.31
3/4" 19.05	367	59.64	26.84	369.00	90.87	49.98	76.82
1/2" 12.7	782	44.87	20.19	599.41	82.31	45.27	65.46
3/8" 9.53	449	36.97	16.64	505.73	75.09	41.30	57.93
1/4" 6.35	779	29.10	13.10	542.00	67.34	37.04	50.13
No4 4.76	454	24.99	11.24	384.00	61.86	34.02	45.27
No10 2.00	1176	17.29	7.78	831.00	49.99	27.49	35.27
No20 0.84	547	14.46	6.51	574.00	41.79	22.98	29.49
No40 0.42	431	12.35	5.56	1463.00	20.89	11.49	17.04
No100 0.15	562	9.82	4.42	1172.00	4.14	2.28	6.70
No200 0.07	219	8.73	3.93	168.53	1.74	0.95	4.88

Nota: Fuente: Elaboración propia

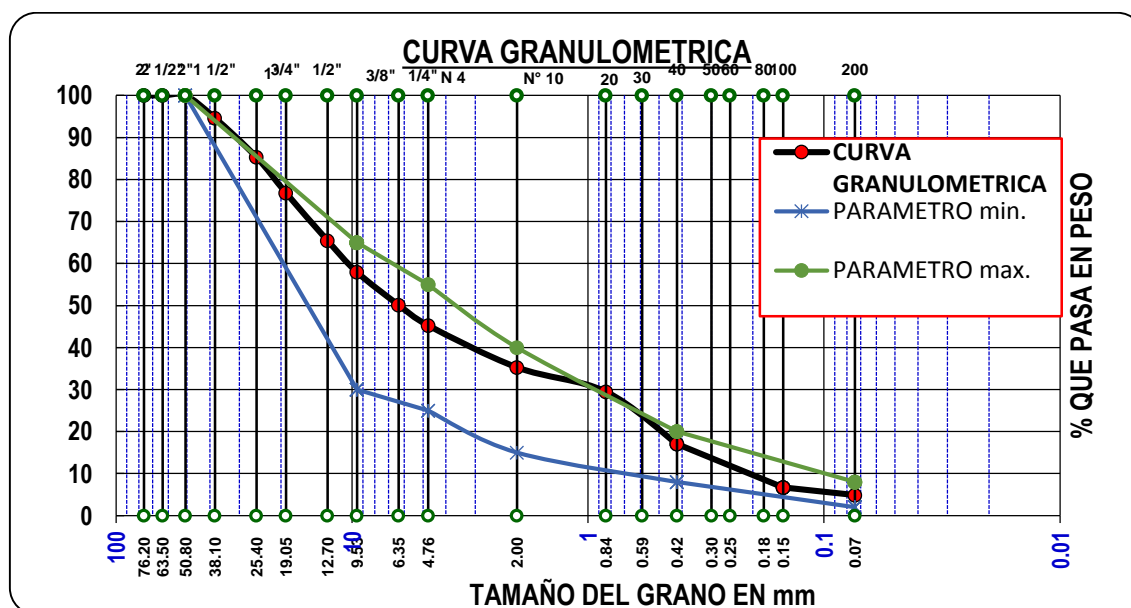


Figura 6. Grafica de resultados granulométricos -Combinación teórica.

La grafica granulométrica muestra que la combinación, en la proporción de: Isla 55% y Vallecito 45%, está dentro de los parámetros establecidos, pero a su vez no cumple con algunos porcentajes de granos de suelo.

Para establecer que esta proporción es la adecuada se debe realizar nuevamente el análisis granulométrico para luego proceder a realizar los ensayos faltantes.

b. Análisis granulométrico:

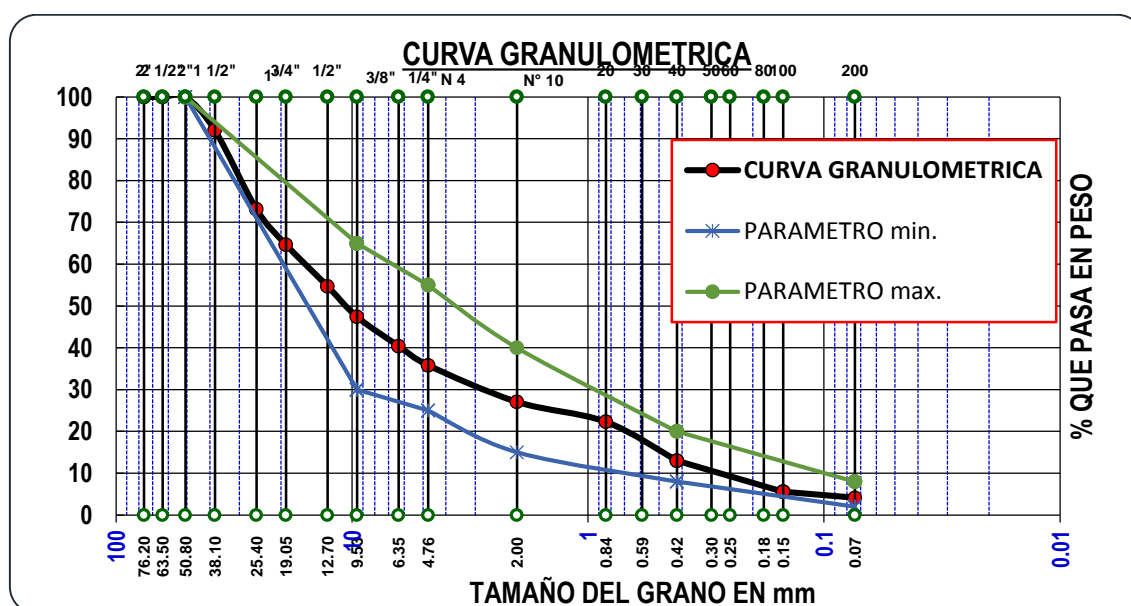


Figura 7. Grafica de resultados granulométricos -Combinación de canteras.

Tabla 19

Características granulométricas-canteras combinadas

CARACT. GRANULOMETRICAS	
Coefficiente de uniformidad	51.6
Coefficiente de curvatura	1.71

Nota: Fuente: Elaboración propia.

c. Características físico-mecánicas:

Tabla 20

Características físicos - mecánicas

ENSAYO	NORMA	PARAMETRO ≥ 3000 m.s.n.m.	RESULTADOS
Índice de Plasticidad	MTC E 111	2% Max.	NP
Equivalente de Arena	MTC E 114	45% min.	68.89%
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40% Max.	21.80%
CBR	MTC E 132	100% Min.	80.77%

Nota: Fuente: Elaboración propia.

La combinación realizada presenta una mejora en las características físicas y mecánicas de la muestra final, cumpliendo los parámetros establecidos por el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales y logrando alcanzar un valor de soporte aceptable para caminos menores a 10'000,000 EE.

d. Clasificación de la cantera:

El material de cantera presenta en 4.13% la pasante del tamiz N° 200, 27.06% la pasante del tamiz N°10, 35.83% la pasante del tamiz N° 4, 12.98% la pasante del tamiz N°40, también muestra un coeficiente de curvatura de 1.71, un coeficiente de uniformidad de 51.6 y no presenta plasticidad. Por lo tanto este suelo puede ser considerado como un GW según el SUCS y como un A-1-a según el AASHTO (Ver Anexo A-3).

4.1.2. Resultados de ensayos de afinidad

Después del proceso de estudios de canteras se procede a la evaluación preliminar de la afinidad de la emulsión asfáltica con los agregados, en la tabla 21 se muestra los resultados de la evaluación preliminar de la emulsión asfáltica en diversos porcentajes de humedad de un rango de 6.89% a 4.5%. En la mezcla se utilizó el porcentaje patrón de 4.65% de emulsión asfáltica en los diversos porcentajes de humedad.

Tabla 21

Resultados del ensayo de recubrimiento y adherencia

Porcentaje de Humedad (%)	Recubrimiento	Adherencia
6.89%	ACCEPTABLE	ACCEPTABLE
6.50%	ACCEPTABLE	ACCEPTABLE
6.00%	ACCEPTABLE	-
5.50%	NO RECOMENDABLE	-
5.00%	NO RECOMENDABLE	-
4.50%	NO RECOMENDABLE	-

Nota: Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la evaluación preliminar, categorizadas visualmente como satisfactorio e insatisfactorio, se estimó que se puede hacer uso de hasta un 6% de agua de premezclado, posterior a este porcentaje los agregados no presentaran un adecuado recubrimiento y como resultado no alcanzara una densidad adecuada. En cuanto a la adherencia se realizó 2 ensayos en diferentes porcentajes de humedad, debido a que la presente evaluación solo pretende verificar la adhesión del ligante con los agregados, donde se obtuvo los mismos resultados calificados como satisfactorios (Ver Anexo B).

Así mismo en función a los resultados de la evaluación preliminar se toma en consideración la elección de los porcentajes de prueba, los cuales fueron de 5, 6 y 7% de emulsión asfáltica. Se realizó el incremento de emulsión asfáltica debido al escaso recubrimiento frente a la reducción de emulsión asfáltica.

4.1.3. Efecto de la emulsión asfáltica sobre la densidad bruta

La figura 8 muestra los resultados del cálculo de densidad bruta seca agrupados por la cantidad de emulsión añadida en la mezcla que se distribuyen: tres grupos experimentales (E) con adición de 5, 6 y 7% de emulsión asfáltica respectivamente.

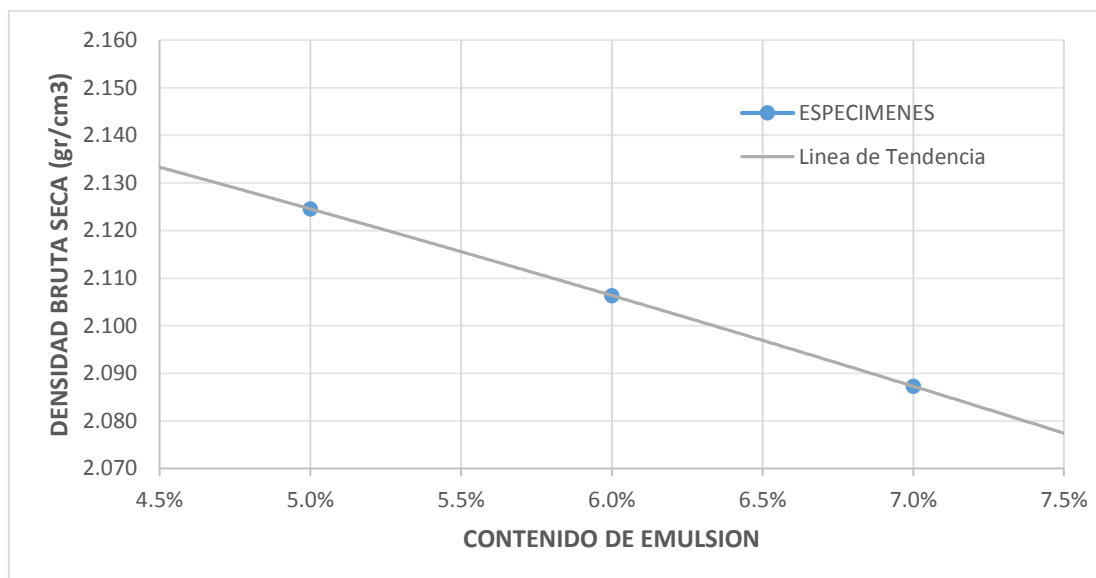


Figura 8. Media de densidades agrupadas por contenido de Emulsión.

De acuerdo a los resultados del cálculo de densidades que se muestra en la figura 8, se observa que con el incremento de emulsión asfáltica al material granular la densidad bruta disminuye. Con la adición de 5, 6, 7% de emulsión asfáltica se obtienen densidades de 2.12, 2.11 y 2.09 gr/cm³ respectivamente (Ver Anexo C).

El comportamiento observado en la figura 8 quizá se deba a causa de la mayor viscosidad de la película del fluido que rodean las partículas de los agregados (Montejo, 2002), sin embargo este ensayo se realiza para poder comprobar la validez de la compactación y la composición de los especímenes similares (Instituto del Asfalto, 2001).

4.1.4. Efecto de la emulsión asfáltica sobre la estabilidad

En la figura 9 se muestra el resultado de estabilidad de los especímenes compactados, después de su respectivo curado. Los resultados promedios son agrupados por su respectivo contenido de emulsión y considerándose como grupos experimentales en las dosificaciones de 5, 6, y 7% de emulsión.

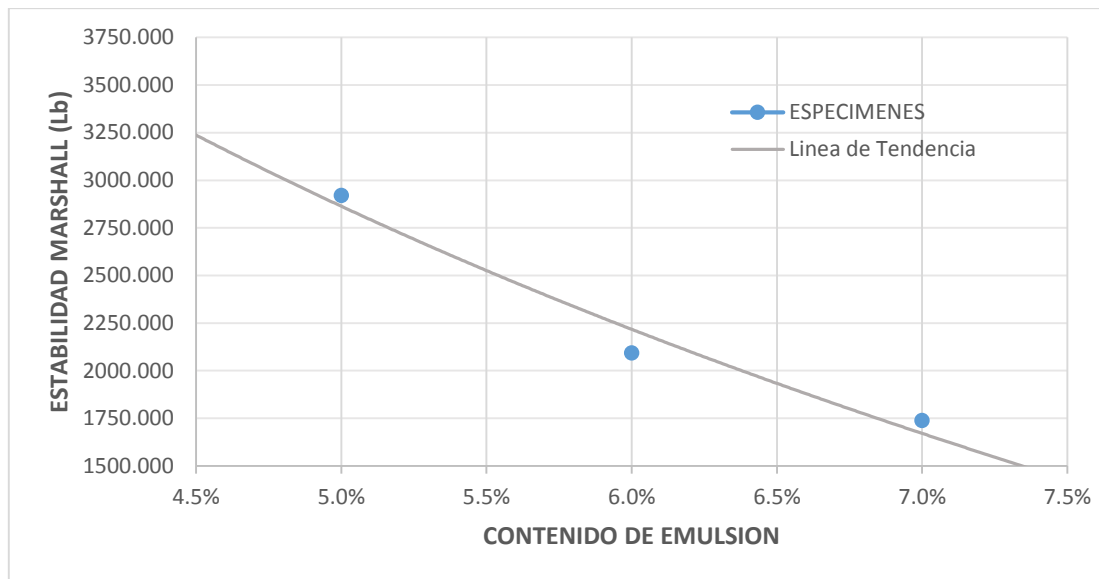


Figura 9. Estabilidad Marshall agrupada por contenido de emulsión asfáltica.

De acuerdo a los resultados de la prueba de estabilidad que muestra la figura 9 se puede observar que la estabilidad disminuye a medida que se añade emulsión asfáltica, es decir, con 5, 6 y 7% de emulsión se obtiene estabilidades de 3531.73, 1977.12 y 1966.95 libras (Ver Anexo C). Este comportamiento es debido a la capacidad del ligante de brindar cohesión y la fricción interna de los agregados, los cuales al sobrepasar el límite del contenido de asfalto puede impedir la fricción interna entre las partículas. Estos resultados muestran la capacidad de la mezcla a resistir desplazamientos y deformación (Minaya y Ordoñez, 2006).

4.1.5. Efecto de la emulsión asfáltica sobre la fluencia

En la figura 10 se muestra el resultado promedio de fluencia de los especímenes agrupados según el contenido de emulsión que son distribuidos como grupos experimentales de 5, 6 y 7% de emulsión asfáltica respectivamente.

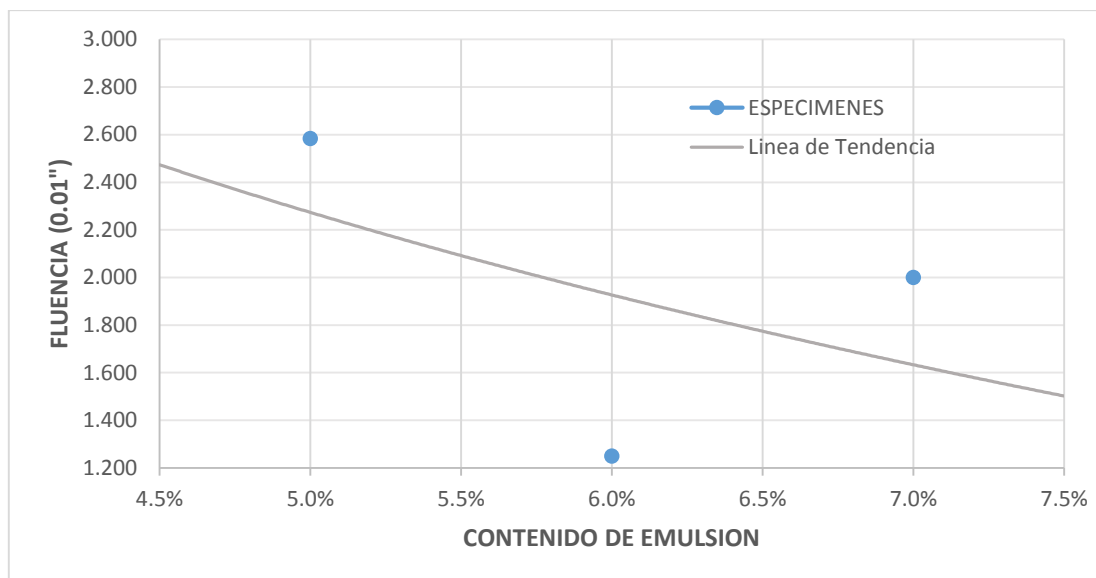


Figura 10. media de fluencia agrupadas por contenido de emulsión asfáltica.

Según los resultados se observa una disminución de fluencia en la adición de emulsión, es decir con 5, 6 y 7% de emulsión se obtiene 2.58 1.25 y 2.00 mm. Estos resultados muestran la deformación vertical del espécimen el cual ha sido sometido a la carga máxima (Ver Anexo C).

4.1.6. Optimo contenido de emulsión asfáltica

La determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica estará en función de los resultados logrados con la adición de emulsión a diversos porcentajes, logrando también cumplir los parámetros establecidos por el manual de especificaciones técnicas generales.

Tabla 22

Óptimo Contenido de Emulsión Asfáltica

ENSAYO	NORMA	PARAMETRO	RESULTADOS EN 5% DE EMULSION ASFALTICA
Número de golpes	MTC EG-2013	75	75
Estabilidad Marshall Lb.	MTC EG-2013	1800	3531.73
Flujo 0.01" 0.25 mm	MTC EG-2013	8-14	10

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 22 se muestra a un 5% como optimo contenido de emulsión asfáltica, el cual logra alcanzar la mayor estabilidad Marshall, cumple los parámetros de fluencia y según su función de base granular tratada logra una densidad elevada debido a su poca adición de emulsión asfáltica.

4.2. Diseño de Pavimento alternativo

4.2.1. Datos de estudio de tráfico y propiedades de la subrasante

Los datos de diseño corresponden a las variables necesarias para el diseño de una estructura de pavimento, los cuales para nuestro estudio se tomaron en función al manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección: suelos y Pavimentos, tomándose en consideración un CBR de diseño para subrasante de 15.60% y un tráfico Tp5. En la tabla 23 se muestra los datos necesarios para el diseño de pavimento, los cuales son resultados del estudio de tráfico y subrasante del lugar de estudio. De acuerdo al lugar de estudio se eligió un periodo de diseño de 20 años considerándose como una vía urbana de un tránsito elevado.

Tabla 23
Datos de diseño

DATOS DE TRAFICO Y SUBRASANTE	SIMBOLOGIA	DATOS
Ejes Equivalentes	EE:	1,170,089
Nivel de Confiabilidad	R:	85%
Desviación Estándar Combinada	So:	0.45
Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal	Zr:	- 1.036
Índice de Serviciabilidad Inicial	Pi:	4.00
Índice de Serviciabilidad Final	Pt:	2.50
Variación de Serviciabilidad Final	Δ PSI:	1.50
Módulo de Resiliencia de la Subrasante		14,825 psi
Periodo de Diseño		20 años

Nota: Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección: suelos y Pavimentos, para la obtención de las variables de diseño según el tráfico Tp5 (ver anexo D- Estudio de tráfico)

Para el estudio de subrasante, los valores de la capacidad de soporte fueron tomados de estudios previamente ya realizados por Chura E. y Romero S. (2017) en su investigación denominada “Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca” (ver anexo F).

4.2.2. Diseño de pavimento convencional

El diseño de pavimento convencional se realizó tomando en consideración un valor de soporte de 80% para base granular, porque el tráfico es menor a 10´000,000 EE, y 40% para sub-base granular, se consideró también como superficie de rodadura una carpeta asfáltica en caliente de un módulo de 2965 MPa a 20°C; logrando como resultado un pavimento de dimensiones: 8 cm de carpeta asfáltica, 15 cm de base granular y 15 cm de

sub-base granular; en total un espesor de pavimento de 38 cm, como se muestra en la figura 11.

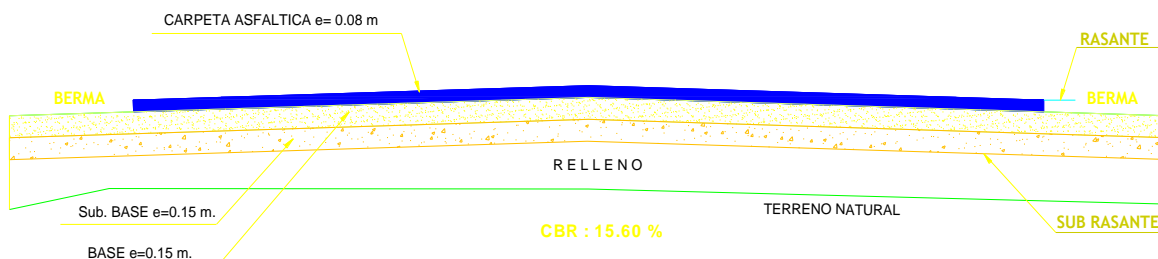


Figura 11. Estructura de Pavimento Convencional (ver anexo F-1).

Tomando en consideración el diagnóstico de tráfico y subrasante, el lugar de estudio requería de un número estructural de 2.67, el cual fue asumido en las 3 capas del pavimento de la siguiente manera: carpeta asfáltica en 1.36, base granular en 0.7 y sub-base granular en 0.63; logrando alcanzar un número estructural de 2.70, el cual es el utilizado porque es mayor que el requerido (ver anexo F-1).

4.2.3. Diseño de pavimento de base Granular tratada con Asfalto

Para el diseño de pavimento alternativo se utilizó las características mecánicas de la base tratada con emulsión asfáltica, específicamente la estabilidad Marshall promedio de 3531.73 lb, una sub-base granular con un valor de soporte 40% y una carpeta asfáltica en caliente de un módulo de 2965 MPa a 20°C. Así mismo se presenta 2 alternativas de estructuras de pavimentos para la optimización de espesores de pavimentos.

a. Estructura de Pavimento-Alternativa N°1

En la figura 12 se presenta la estructura de un pavimento semirrígido conformado por una carpeta asfáltica de 5 cm y una base tratada de 15 cm, que hacen un total de 19 cm de espesor de pavimento. La solicitud del número estructural se realizó en las 2 capas estructurales distribuidas en: carpeta asfáltica en 0.85 y base tratada en 1.86; hacen un total de 2.71, el cual es mayor que el número estructural requerido.

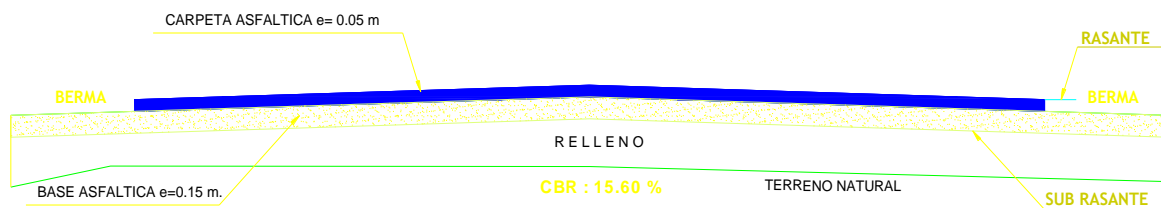


Figura 12. Estructura del pavimento Alternativo N°1 (ver anexo F-2).

De acuerdo a la estructura mostrada en la figura 12 se observa una disminución de los espesores de pavimentos y la ausencia de sub-base granular, según Dávila (2016) este comportamiento se debe a la adición de emulsión asfáltica a un material pétreo que cumple con las especificaciones, debido a que se logra mejorar las características mecánicas del material granular obteniéndose mejores coeficientes estructurales, lo cual nos permite reducir los espesores de capas.

Los resultados del diseño de pavimento como alternativa N°1 presenta una reducción de la dimensión total del pavimento en un 47.37%, la reducción de la dimensión de la carpeta asfáltica en un 37.5% y sin la necesidad de utilizar una sub-base (ver anexo F-2).

b. Estructura de Pavimento-Alternativa N°2

En la figura 13 se presenta la estructura de un pavimento Básico conformado por una superficie de rodadura, una base tratada de 15 cm y una sub-base granular de 15 cm, que hacen un total de 30 cm de espesor de pavimento. En cuanto a la sollicitación del número estructural se realizó en las 2 capas estructurales distribuidas en: base tratada en 1.86 y sub-base granular en 0.85; hacen un total de 2.71, siendo mayor que el numero estructural requerido.

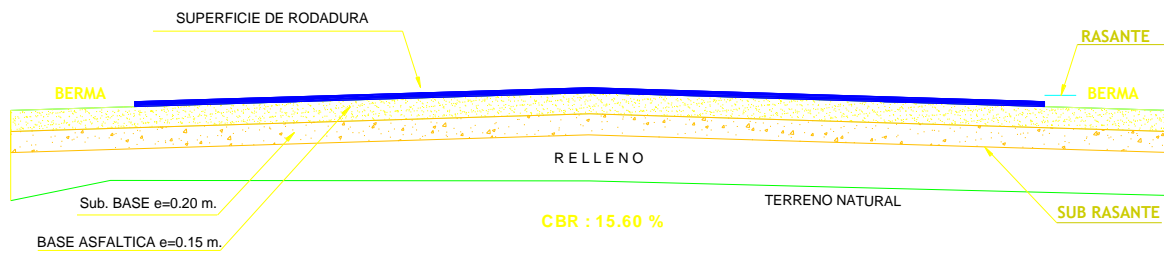


Figura 13. Estructura de Pavimento Alternativo N°2 (ver anexo F-3).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 13, el pavimento básico presenta 2 capas estructurales y una superficie de rodadura debido a que tiene la función específica de la reducción económica del pavimento, según el ministerio de transporte este tipo de estructura es conocida como solución básica de pavimentación que son construidos generalmente en caminos de bajo volumen de tránsito, pero que para nuestro caso de estudio sería aplicable considerando 2 etapas de 10 años, para un periodo de diseño de 20 años.

Los resultados del diseño de pavimento como alternativa N°2 presenta una reducción de la dimensión total del pavimento en un 7.89%, y sin necesidad de utilizar una carpeta asfáltica (ver anexo F-3).

4.3. Análisis de costos

El análisis de costo tiene como objetivo determinar el beneficio económico de cada pavimento proyectado, tomando en consideración la inversión inicial del pavimento, para luego elegir la óptima estructura de pavimento que cumplirá las solicitudes de la zona de estudio.

Para el correspondiente costo del pavimento se tomó en consideración 1 m² de cada estructura (ver Anexo I).

4.3.1. Costo de pavimento convencional

Tabla 24

Costo de pavimento convencional

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01	<u>PAVIMENTOS CONVENCIONAL</u>					121.69	121.69
01.01	SUB - BASE e=15cm	M2	1.00	17.69	17.69		
01.02	BASE GRANULAR CLASIFICADO e=15cm	M2	1.00	20.72	20.72		
01.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e= 8cm	M2	1.00	83.28	83.28		

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2. Costo de pavimento semirrígido

Tabla 25

Costo de pavimento semirrígido

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
02	<u>PAVIMENTO ALTERNATIVA N°1</u>					108.50	108.50
02.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e= 5cm	M2	1.00	53.58	53.58		
02.02	BASE TRATADA CON ASFALTO e=15cm	M2	1.00	54.92	54.92		

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3. Costo de pavimento básico

Tabla 26

Costo de pavimento básico

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
03	<u>PAVIMENTO ALTERNATIVA N°2</u>					85.37	85.37
03.01	SUB - BASE e=20 cm	M2	1.00	22.75	22.75		
03.02	BASE TRATADA CON ASFALTO e=15cm	M2	1.00	54.92	54.92		
03.03	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA 2da CAPA	M2	1.00	3.85	3.85		
03.04	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA 1ra CAPA	M2	1.00	3.85	3.85		

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos del costo de un metro cuadrado de estructura mostrados en las tablas 24, 25 y 26 se observa, que el pavimento semirrígido es 10.82% más económico que el pavimento convencional y el pavimento básico es 29.85% más económico que el pavimento convencional. Además se observa que esta variación se debe a la reducción de la carpeta asfáltica debido al incremento del valor estructural de la base tratada con asfalto.

4.4. Discusión de resultados

Según los resultados, el óptimo contenido de emulsión asfáltica (5%), presenta una estabilidad Marshall promedio de 3531.73 lb de la base tratada con emulsión asfáltica el cual confirma una posición aceptable según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) que muestra un parámetro mínimo de 1500 lb de estabilidad como recomendable para todos tipos de tráficos.

Así mismo el Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos MTC (2014), mencionan que los pavimentos semirrígidos solo pueden aplicarse a caminos de un tránsito mayor de 1 000 000 de EE y sobre una sub-rasante de categoría buena o un CBR > 20%; por lo tanto, los resultados de la presente investigación muestran que el lugar de estudio presenta 1'170,089 EE y un CBR de subrasante promedio mínimo de 15.60% a un 95% de la máxima densidad seca, en estado natural a 1.50 m de profundidad, el cual es considerado como subrasante buena.

En cuanto a los resultados de la caracterización de material granular para la utilización como base tratada, los resultados cumplen con los parámetros establecidos por el Manual de Especificaciones técnicas generales para construcción (2013), capítulo N°4.

De acuerdo al análisis de costo y la reducción del espesor del pavimento podemos tener como alternativa optima al pavimento semirrígido, el cual generará mayor desempeño debido al poco mantenimiento durante su vida útil, a diferencia del pavimento básico, ya que durante su vida útil no necesitara rehabilitación de la superficie de rodadura.

4.5. Prueba de hipótesis

4.5.1. Prueba de Hipótesis General de la investigación

El planteamiento de la hipótesis general de la presente investigación es la siguiente:

“La mejora de las características de la base granular con el uso de emulsión asfáltica disminuye el espesor del pavimento e incrementa sus propiedades físicas y mecánicas”.

Con la hipótesis general se pretende mejorar la base granular con la finalidad de incrementar las propiedades físicas y mecánicas y como resultado presentara el incremento del coeficiente de capa o estructural de la base. Y a través de este resultado realizar el diseño de pavimento mediante el método AASHTO 93 con el objetivo de demostrar que la adición de emulsión asfáltica a la base granular reduce los espesores de un pavimento.

Por consiguiente, para realizar la validación de la hipótesis general se ha logrado mediante la prueba de las hipótesis específicas 3 y 4. Por lo tanto, a continuación se

muestran las hipótesis específicas para la evaluación del comportamiento de los especímenes tratados con emulsión asfáltica y su influencia en los espesores de los pavimentos.

4.5.2. Prueba de las Hipótesis Específicas de la investigación

4.5.2.1. Hipótesis N°03

El planteamiento de la hipótesis específica N°03 es la siguiente:

“La adición de emulsión asfáltica en la base mostrara un incremento en las propiedades de estabilidad y fluencia de la base asfáltica”.

Para validar la hipótesis específica N°03 y demostrar que la adición de emulsión asfáltica genera un incremento en las propiedades de estabilidad y fluencia, se debe demostrar que la estabilidad y fluencia presentan diferencias significativas respecto a la estabilidad y flujo obtenido.

En la tabla se presentan los resultados de los diferentes tratamientos sobre la cual se va a realizar la prueba del análisis de varianza de las medias de los tratamientos.

Tabla 27

Resultados de Estabilidad y Flujo de los diversos tratamientos

TRATAMIENTO	ESTABILIDAD	FLUJO
5% de Emulsión Asfáltica	3256.64	2.50
	3806.81	2.75
	2920.75	2.50
6% de Emulsión Asfáltica	1763.82	1.00
	2092.72	1.50
	2074.82	1.25
7% de Emulsión Asfáltica	1988.35	2.00
	1738.17	2.00
	2174.34	2.00

Estabilidad Marshall

Tabla 28

Prueba de hipótesis: Estabilidad Marshall

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3677789,763	2	1838894,882	19,548	,002
Dentro de grupos	564418,215	6	94069,703		
Total	4242207,979	8			

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Según los resultados obtenidos determinamos que $p = 0.002 < \alpha = 0.05$, por lo tanto la hipótesis nula se rechaza, concluyéndose que los 3 tratamientos reportan estabilidades significativamente diferentes. Este comportamiento se debe a la pérdida de fricción interna de los especímenes al incremento de emulsión asfáltica.

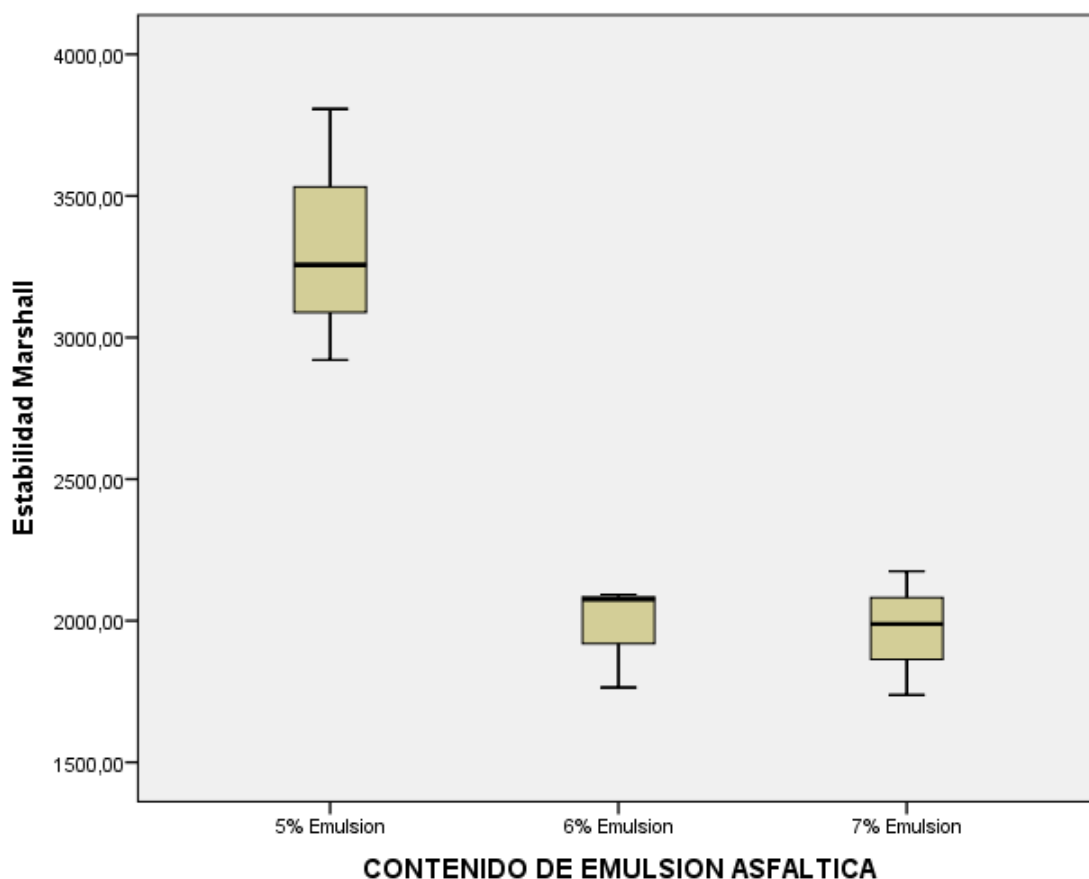


Figura 14. Diagrama de Cajas de la Estabilidad Marshall.

La figura 14 muestra de manera gráfica los valores experimentales del ensayo de estabilidad, esta grafica indica que la estabilidad presenta una disminución conforme se incrementa el porcentaje de emulsión asfáltica, presentando una máxima estabilidad con un tratamiento del 5% de emulsión. Sin embargo no hay una evidencia sólida que sugiera que la variabilidad de estabilidad dependa del peso porcentual de la base granular. Esta evidencia logra ser solida con el rechazo de la hipótesis nula mediante el análisis de varianza mostrado en la tabla 27.

Fluencia

Tabla 29

Prueba de hipótesis: Fluencia

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,681	2	1,340	48,250	,0002
Dentro de grupos	,167	6	,028		
Total	2,847	8			

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Según los resultados obtenidos determinamos que $p = 0.0002 < \alpha = 0.05$, por lo tanto la hipótesis nula se rechaza, concluyéndose que los 3 tratamientos reportan fluencias significativamente diferentes. Este comportamiento se debe a la deformación prematura de los especímenes al incremento de emulsión asfáltica.

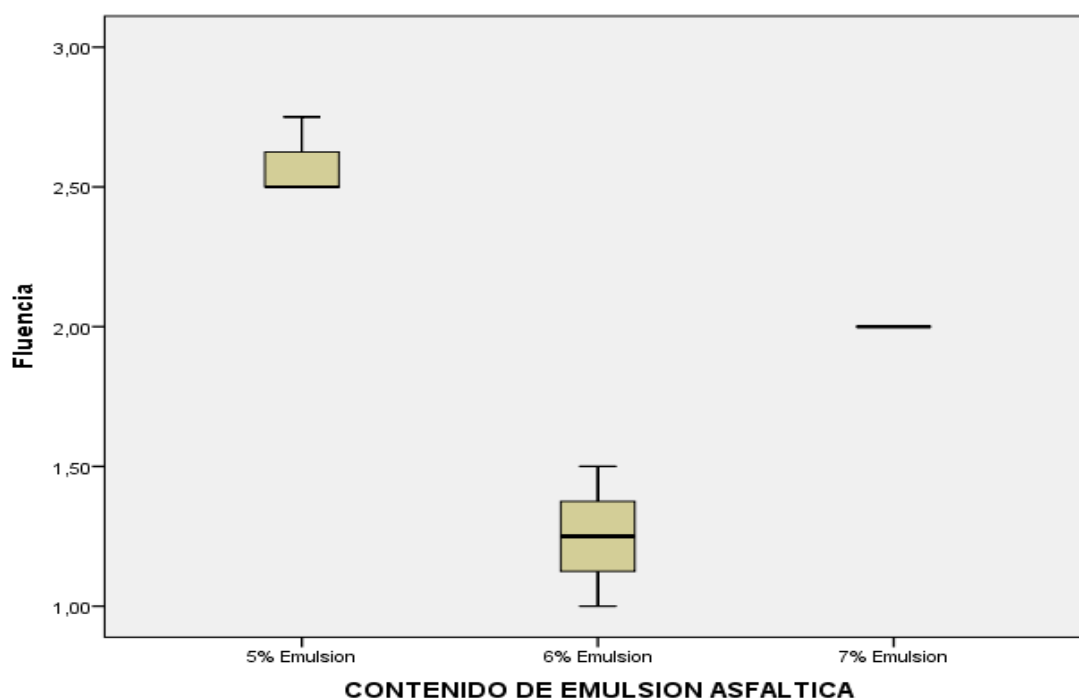


Figura 15. Diagrama de caja de la fluencia de los especímenes.

La figura 15 representa mediante la representación gráfica los valores experimentales del ensayo de Fluencia, estos gráficos indican que la fluencia presenta una disminución conforme se incrementa el porcentaje de emulsión asfáltica, presentando una mínima fluencia con un tratamiento del 6% de emulsión. Esta evidencia logra ser sólida con el rechazo de la hipótesis nula mediante el análisis de varianza mostrado en la tabla 28.

Por lo tanto, el rechazo de la hipótesis nula demuestra que los diversos tratamientos influyen en las variables dependientes de las unidades experimentales significativamente, en el caso de la variable Estabilidad Marshall los tratamientos realizados generan el

decrecimiento de dicha variable mostrando la una diferencia significativa en la variable estudiada.

4.5.2.2. Hipótesis N°04

El planteamiento de la hipótesis específica N°04 es la siguiente:

“El diseño del pavimento mostrara la reducción del espesor de un pavimento convencional, debido a la adición de emulsión asfáltica”.

Para validar la hipótesis específica N°04 y demostrar que la adición de emulsión asfáltica genera una reducción en el espesor del pavimento, se realizó el diseño de pavimentos por el método AASHTO 93, utilizando el coeficiente estructural de la base tratada con emulsión asfáltica.

Donde se obtuvo 2 diseños de pavimentos alternativos los cuales presentan dimensiones de 20 y 35 cm, mostrando una reducción de 47.37 y 7.89% con respecto a la dimensión de un pavimento convencional de 38 cm, demostrando que la adición de emulsión asfáltica a la base granular genera un incremento en el aporte estructural de la base.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

5.1.1. Conclusión general

En referencia a los resultados obtenidos en la investigación se concluye, que la adición de emulsión asfáltica a la base granular genera un incremento del coeficiente estructural, el cual nos permite optimizar el espesor del pavimento y reducir la explotación del material de préstamo.

5.1.2. Conclusiones específicas

Se caracterizó los materiales para base granular mediante los ensayos de granulometría, límites de consistencia, abrasión y equivalente de arena, logrando obtener una clasificación de un suelo GW según el SUCS o A-1-a según la AASHTO, producto de la combinación de las canteras Isla y Vallecito; así mismo el material de préstamo no presenta plasticidad, presenta un 21.80% de desgaste y un 68.89% de equivalente de arena. Por lo tanto el material de préstamo cumple con los parámetros especificados para que pueda ser tratada con emulsión asfáltica.

De igual modo se realizó el diseño de la mezcla, la cual se comenzó con una evaluación preliminar de la afinidad ligante-agregado, logrando un recubrimiento y adhesión de ligante satisfactorio. Se obtuvo como porcentaje tentativo de emulsión un 4.65%, pero se consideró para el diseño porcentajes de 5, 6 y 7%, con 3 especímenes para cada porcentaje de emulsión, obteniendo como óptimo contenido de emulsión asfáltica un 5% debido a la mejora de sus propiedades de estabilidad, fluencia y su bajo contenido de emulsión.

Se determinaron las propiedades de densidad, estabilidad Marshall y fluencia de las muestras diseñadas, obteniendo como resultados: para especímenes de un 5% de emulsión se obtuvo densidades brutas de 2.121, 2.120 y 2.133 gr/cm³, estabilidad Marshall de 3256.64, 3806.81 y 2920.75. lb y fluencias de 2.5, 2.75 y 2.5 mm; para especímenes de un 6% de emulsión se obtuvo densidades brutas de 2.083, 2.107 y 2.129 gr/cm³, estabilidad Marshall de 1763.82, 2092.72 y 2074.82 lb y fluencias de 1.00, 1.50 y 1.25 mm; y para especímenes de un 7% de emulsión se obtuvo densidades brutas de 2.122, 2.000 y 2.140 gr/cm³, estabilidad Marshall de 1988.35, 1738.17 y 2174.34 lb y fluencias de 2.00, 2.00 y 2.00 mm respectivamente.

Y por último se concluye proponiendo 2 estructuras de pavimentos alternativos utilizando el valor de estabilidad del óptimo contenido de emulsión asfáltica y los estudios de tráfico y subrasante. Como alternativa N°1 se propone un pavimento semirrígido de un espesor de base tratada de 15 cm y una carpeta asfáltica de 5 cm, un total de 20 cm de

espesor de pavimento; por consiguiente una alternativa N°2 se propone un pavimento básico de un espesor de base granular tratada con emulsión asfáltica de 15 cm; una sub-base granular de 15 cm y una superficie de rodadura que no presenta un aporte estructural.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio de porcentajes inferiores al 5% de emulsión asfáltica utilizando las mismas canteras o canteras con características similares.

Se recomienda realizar un estudio detallado de agregados antes de realizar el diseño de mezclas, para evitar deficiencias en las bases tratadas con emulsión asfáltica.

Se recomienda tomar control de la rotura de la emulsión asfáltica después del mezclado con los agregados, evitando cambios bruscos de temperatura.

Referencias

- Martínez D. (2014). Evaluación del impacto ambiental en obras viales, Revista Científica Electrónica de Ciencias Gerenciales, núm. 29 (año 10) pág. 5-21.
- Llamazares G. (1971). Solución Full-Depth para pavimentos de carreteras y autopistas, Revista de Obras Públicas, núm. 3080 pág. 937-946.
- Chura, E. E. & Romero, S. (2017). *Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca* (Tesis pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca.
- Conferencia Repsol-ICG. Dávila Lito, "Soluciones Básicas de Pavimentación para el mejoramiento y/o rehabilitación de carreteras", Setiembre 2016.
- Alvarado R. (2013). "Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (Aplicación Calle Nogales Parroquia Nayón L= 1.0 km)". Quito
- Calidonio E, Carrillo C, Meléndez C. (2010) "Diseño de mezcla suelo-agregado-emulsión como alternativa para mejoramiento de caminos de bajo volumen de tránsito". Santa Ana
- Caparó E, Escalante L. (2015) "Estabilización de suelos con emulsión asfáltica in situ en la Av. Prolongación Andrés Avelino Cáceres, Análisis Comparativo". Arequipa
- Laurente Y. (2011) "Estudio Comparativo del mejoramiento de la subrasante y base de la carretera Cañete-Chupaca, Tramo: Km 220+000-Km 240+000." Lima
- Montenegro H, Ccora J. (2011) "Estudio comparativo del mejoramiento de la base aplicando estabilizadores: emulsión asfáltica, cal y cemento – Carretera Cañete – Chupaca: Tramo Km 152+000 – 158+000". Lima
- Gonzales W, Jiménez M, López J. (2007) "Guía básica para el uso de emulsiones asfálticas en la estabilización de bases en caminos de baja intensidad en el salvador" El Salvador
- Torres I. (2007) "Propuesta metodológica para la evaluación y mejoramiento, con emulsión asfáltica y/o cemento, de los materiales granulares existentes en las vías terciarias" Bogotá.
- Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción-Ministerio de transportes y Comunicaciones. (2013). Bases granulares. Perú.
- Manual de Carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos- Ministerio de transportes y Comunicaciones. (2014). Pavimentos Flexibles. Perú.
- Manual de Carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos- Ministerio de transportes y Comunicaciones. (2014). Pavimentos Semirrígidos. Perú.

- Montgomery, D. C. (2004). Diseño y análisis de experimentos (2da ed.). México: Limusa Wiley.
- Valderrama, S. (2002). Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica (1ra ed.). Lima: San Marcos.
- Menéndez, A. J. (2009). Ingeniería de pavimentos Materiales, Diseño y Conservación (1ra ed.). Perú: Instituto de Construcción y Gerencia.
- Montejo, F. A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras (2da ed.). Colombia: Universidad católica de Colombia.
- Bañon, L. y Bevia, J. F. (2009). *Manual de Carreteras Tomo II*. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

Anexos

Anexo A: Propiedades de los materiales

Anexo A-1: Cantera Isla

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			
TESIS		: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.			
CANTERA		: ISLA	AUTOR		: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA		: AGREGADO GRANULAR	ASESORA		: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN		: CARRETERA ISLA - JULIACA	FECHA		: Ago-18
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM - D 422			Nro de Muestra : M-01 Clasificación SUCS : SP Arenas mal graduada Clasificación AASHTO : A-3 Arena-Gravosa poco fino		

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
3	76.20					
2 1/2	63.50					
2	50.80					
1 1/2	38.10	87.66	1.25	1.25	98.75	
1"	25.4	182.14	2.60	3.85	96.15	
3/4"	19.05	369.00	5.27	9.13	90.87	
1/2"	12.7	599.41	8.56	17.69	82.31	
3/8"	9.53	505.73	7.22	24.91	75.09	
1/4"	6.35	542.00	7.74	32.66	67.34	
No4	4.76	384.00	5.49	38.14	61.86	
No10	2.00	831.00	11.87	50.01	49.99	
No20	0.84	574.00	8.20	58.21	41.79	
No30	0.59					
No40	0.42	1463.00	20.90	79.11	20.89	
No 50	0.30					
No60	0.25					
No80	0.18					
No100	0.15	1172.00	16.74	95.86	4.14	
No200	0.07	168.53	2.41	98.26	1.74	
BASE		121.53	1.74	100.00	0.00	
TOTAL			100.00			

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 7000.00 gr.

Peso Lavado : 6878.47 gr.

Peso Perdido : 121.53 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido : NP

Límite Plástico : NP

Índice de Plasticidad : NP

CARACT. GRANULOMETRICAS

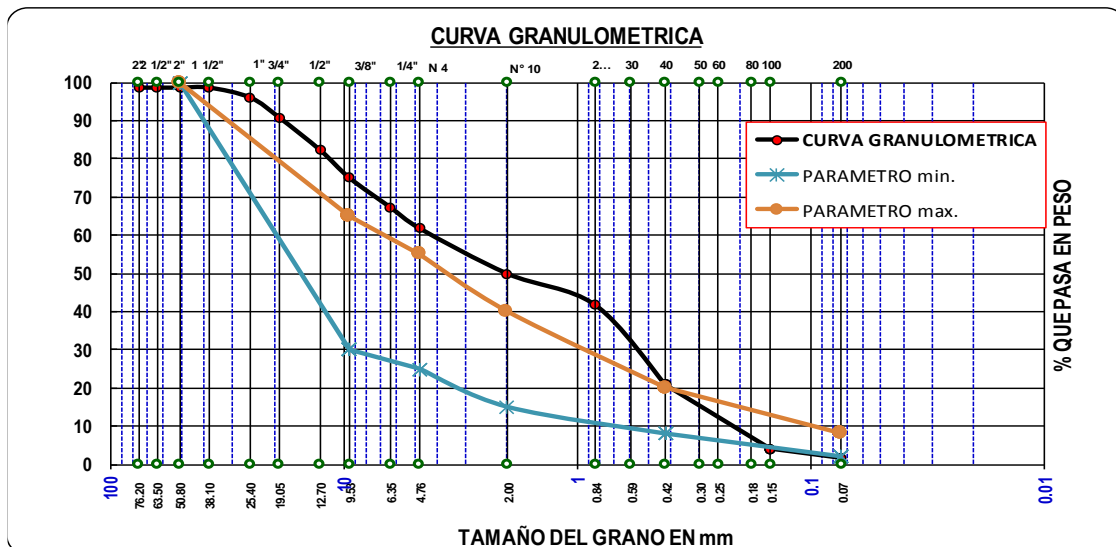
D10= 0.24

D30= 0.60



D60= 4.33

CU= 17.75

CC= 0.34



Anexo A-2: Cantera Vallecito

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</p>	
---	---	---

TESIS	OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.	
CANTERA	VALLECITO	AUTOR : HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	SUELO GRANULAR NATURAL	ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA : Ago-18

ENSAYO:	Nro de Muestra	:	M-01
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	Clasificación SUCS	:	GP GC Grava mal gradada con arcilla
	Clasificación AASHTO	:	A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa
NORMA ASTM - D 422			

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
3	76.20					
2 1/2	63.50					
2	50.80				100.00	
1 1/2	38.10	795.00	11.36	11.36	88.64	
1"	25.4	2018	28.83	40.19	59.81	
3/4"	19.05	1122	16.03	56.21	43.79	
1/2"	12.7	1054	15.06	71.27	28.73	
3/8"	9.53	502	7.17	78.44	21.56	
1/4"	6.35	331	4.73	83.17	16.83	
No4	4.76	159	2.27	85.44	14.56	
No10	2.00	269	3.84	89.29	10.71	
No20	0.84	104	1.49	90.77	9.23	
No30	0.59					
No40	0.42	87.24	1.25	92.02	7.98	
No 50	0.30					
No60	0.25					
No80	0.18					
No100	0.15	116.64	1.67	93.68	6.32	
No200	0.07	60.72	0.87	94.55	5.45	
BASE		381.40	5.45	100.00	0.00	
TOTAL			100.00			

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 7000.00 gr.

Peso Lavado : 6618.60 gr.

Peso Perdido : 381.40 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido : 26.58%

Límite Plástico : 18.29%

Índice de Plasticidad : 8.29%

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10= 1.44

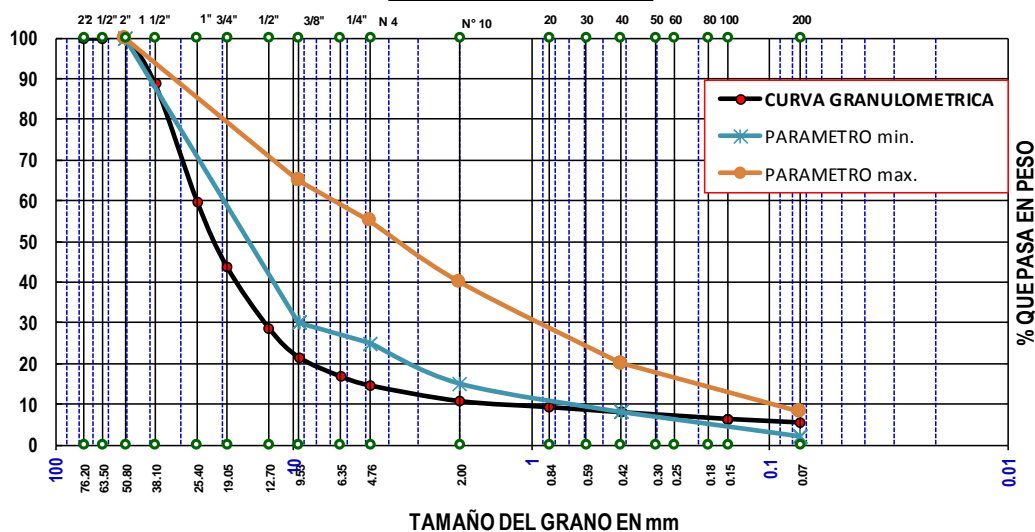
D30= 13.24



D60= 25.48

CU= 17.67

CC= 4.77

CURVA GRANULOMETRICA

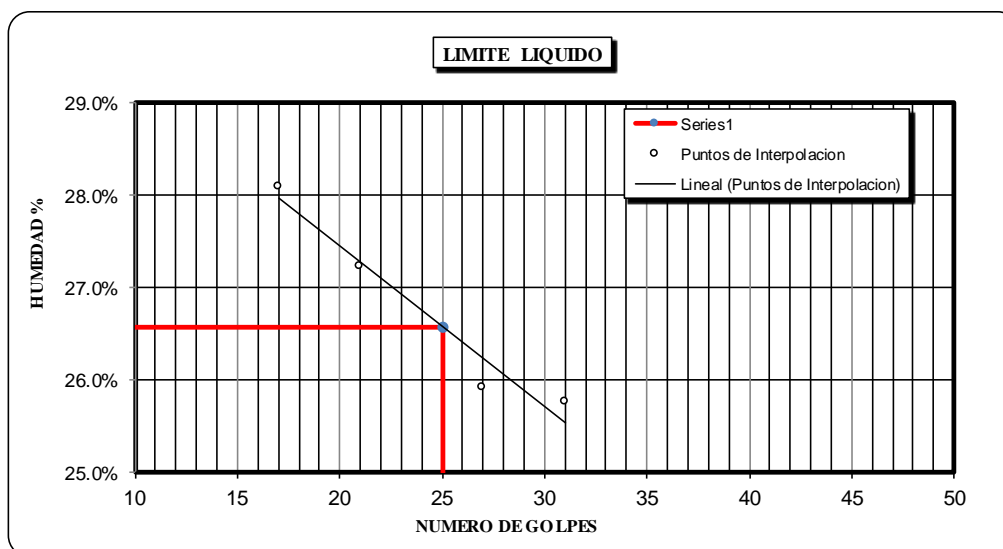


	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
---	--	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.	
CANTERA	: VALLECITO	AUTOR : HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: SUELO GRANULAR NATURAL	ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA : Ago-18

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA NORMA ASTM - D 422	Nro de Muestra : M-01 Clasificación SUCS : GP GC Grava mal gradada con arcilla Clasificación AASHTO : A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa
--	---

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Nro de ensayo	01	02	03	04	01	02
Numero de Capsula	T-034	T-027	T-039	T-006	T-017	T-027
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)	49.04	45.81	44.98	51.58	10.71	10.82
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)	41.91	39.57	38.98	45.76	10.30	10.37
Peso del Agua (gr)	7.13	6.24	6.00	5.82	0.41	0.45
Peso de Capsula (gr)	16.53	16.65	15.83	23.17	8.03	7.94
Peso de Suelo Seco (gr)	25.38	22.92	23.15	22.59	2.27	2.43
Contenido de Humedad (%)	28.09%	27.23%	25.92%	25.76%	18.06%	18.52%
Numero de Golpes	17	21	27	31		

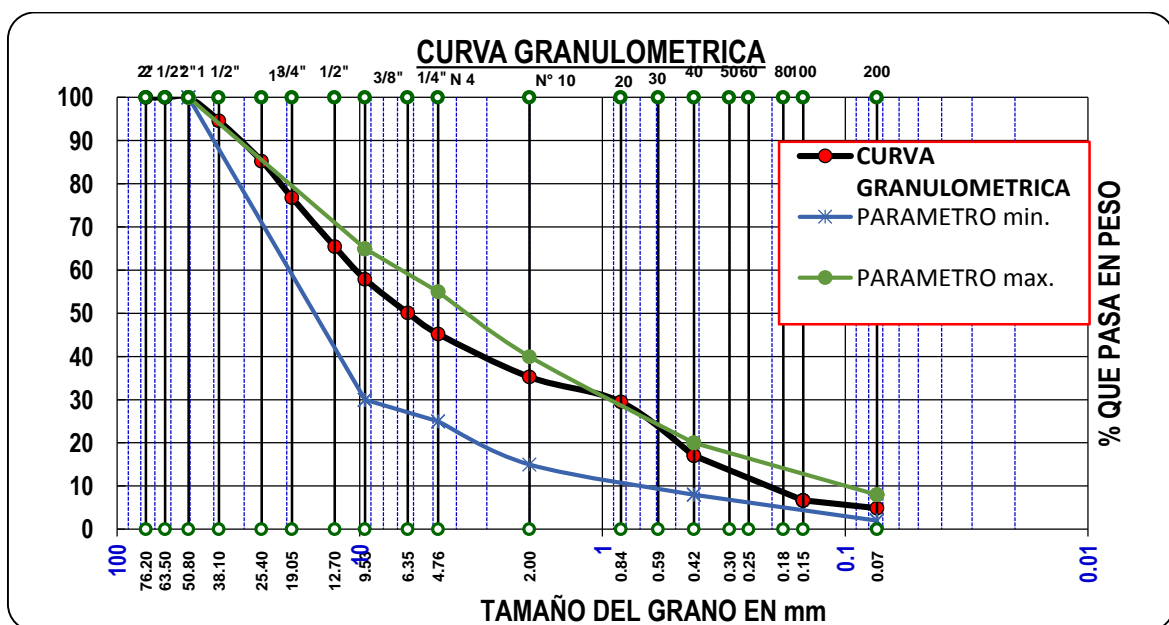

 Limite Liquido : 26.58%



 Limite Plastico : 18.29%

 Indice de Plasticidad : 8.29%

Anexo A-3: Combinación de Canteras

		<div>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA</div> <div>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL</div> <div>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</div>									
TESIS		: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.									
CANTERA		: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLECITO					AUTOR:		HAMMER KENSHIDO CARI ANCO		
MUESTRA		: MATERIAL GRANULAR					ASESORA:		JUANA BEATRIZ AQUISE PARI		
UBICACIÓN		: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA					FECHA:		Ago-18		
CALCULO:		COMBINACION DE CANTERAS									
Tamiz N°		SUELO-CANTERA VALLECITO			AGREGADO-CANTERA ISLA			PESO RETENIDO	PARAMETRO		PARAMETRO
		PESO RETENIDO	% QUE PASA	45%	PESO RETENIDO	% QUE PASA	55%				
2	50.80		100.00	45.00		100.00	55.00	100.00	100		SI CUMPLE
1 1/2"	38.10		89.63	40.33	87.66	98.75	54.31	94.64			
1"	25.4	113	72.07	32.43	182.14	96.15	52.88	85.31			
3/4"	19.05	367	59.64	26.84	369.00	90.87	49.98	76.82			
1/2"	12.7	782	44.87	20.19	599.41	82.31	45.27	65.46			
3/8"	9.53	449	36.97	16.64	505.73	75.09	41.30	57.93	30	65	SI CUMPLE
1/4"	6.35	779	29.10	13.10	542.00	67.34	37.04	50.13			
No4	4.76	454	24.99	11.24	384.00	61.86	34.02	45.27	25	55	SI CUMPLE
No10	2.00	1176	17.29	7.78	831.00	49.99	27.49	35.27	15	40	SI CUMPLE
No20	0.84	547	14.46	6.51	574.00	41.79	22.98	29.49			
No40	0.42	431	12.35	5.56	1463.00	20.89	11.49	17.04	8	20	SI CUMPLE
No100	0.15	562	9.82	4.42	1172.00	4.14	2.28	6.70			
No200	0.07	219	8.73	3.93	168.53	1.74	0.95	4.88	2	8	SI CUMPLE



	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</p>	
---	---	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
CANTERA	: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLECITO	AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: MATERIAL GRANULAR	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA	: Ago-18

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM - D 422		Nro de Muestra : M-01 Clasificación SUCS : GW Grava bien gradada, mezclas gravosas Clasificación AASHTO : A-1-a Fragmento de piedras, gravas y arenas	
--	--	---	--

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
3	76.20					
2 1/2	63.50					
2	50.80				100.00	
1 1/2	38.10	558.00	7.97	7.97	92.03	
1"	25.4	1319	18.84	26.81	73.19	
3/4"	19.05	594	8.49	35.30	64.70	
1/2"	12.7	697	9.96	45.26	54.74	
3/8"	9.53	512	7.31	52.57	47.43	
1/4"	6.35	490	7.00	59.57	40.43	
No4	4.76	322	4.60	64.17	35.83	
No10	2.00	614	8.77	72.94	27.06	
No20	0.84	333.52	4.76	77.71	22.29	
No30	0.59					
No40	0.42	651.72	9.31	87.02	12.98	
No 50	0.30					
No60	0.25					
No80	0.18					
No100	0.15	519.6	7.42	94.44	5.56	
No200	0.07	99.92	1.43	95.87	4.13	
BASE		289.24	4.13	100.00	0.00	
TOTAL			100.00			

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

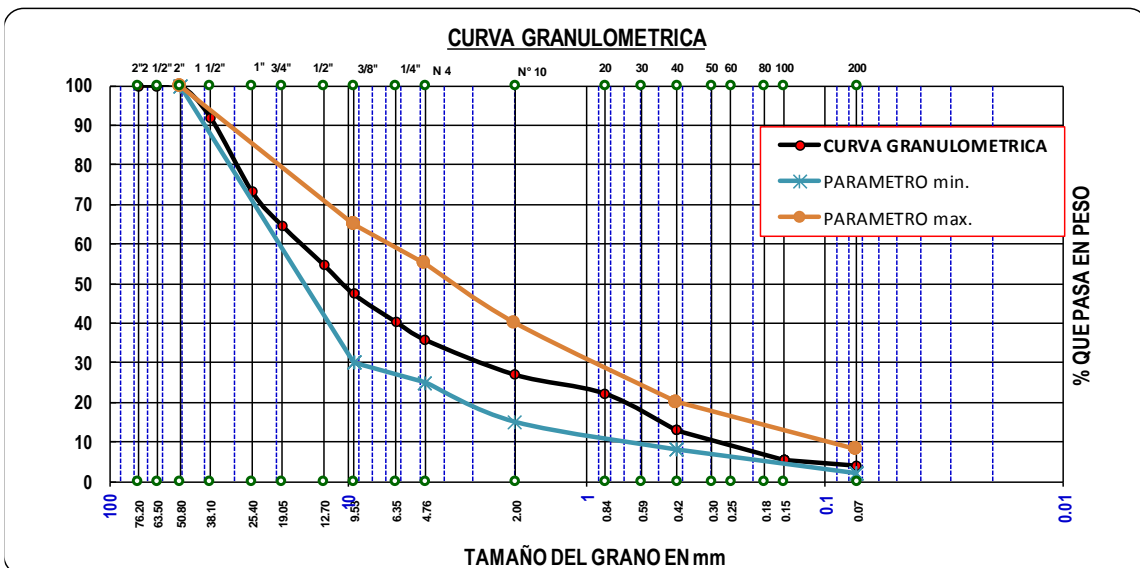
Peso Inicial : 7000.00 gr.
 Peso Lavado : 6710.76 gr.
 Peso Perdido : 289.24 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido : NP
 Limite Plastico : NP
 Indice de Plasticidad : NP

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10= 0.31
 D30= 2.93
 D60= 16.05
 CU= 51.60
 CC= 1.71



	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS		
TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
CANTERA	: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLECITO	AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: MATERIAL GRANULAR	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA	: Ago-18
ENSAYO:	EQUIVALENTE DE ARENA NORMA MTC - E 114		

CANTERA ISLA

DESCRIPCION	LECTURAS		
Nro de ensayo	01	02	03
Altura de Material Fino	102	109	
Altura de Arena	96.00	101.00	
E.A. (%)	94.12%	92.66%	

MATERIAL GRANULAR	
Cantera Isla	55%
Cantera Vallecito	45%
Total	100%



Promedio Equivalente de Arena	93.39%
-------------------------------	--------

CANTERA VALLECITO

DESCRIPCION	LECTURAS		
Nro de ensayo	01	02	03
Altura de Material Fino	156	152	
Altura de Arena	63.00	57.00	
E.A. (%)	40.38%	37.50%	

Promedio Equivalente de Arena	38.94%
-------------------------------	--------

COMBINACION TEORICA	DATOS
Equivalente de Arena-Cantera Isla	51.36%
Equivalente de Arena-Cantera Vallecito	17.52%
Equivalente de Arena-de la combinacion de Canteras	68.89%

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</p>	
---	---	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.	
CANTERA	: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLECITO	AUTOR : HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: MATERIAL GRANULAR	ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA : Ago-18

ENSAYO:	DESGASTE POR ABRASION NORMA MTC - E 207
----------------	---

MATERIAL GRANULAR	PESO
Cantera Isla 55%	687.50
Cantera Vallecito 45%	562.50
Total 100%	1250.00



TAMAÑO DEL AGREGADO	PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS EN GRAMOS			
Pasa tamiz	Retenido en tamiz	Gradacion N°01	Gradacion N°02	Gradacion N°03
1 1/2"	1"	1251	1248	1225
1"	3/4"	1252	1251	1252
3/4"	1/2"	1247	1250	1255
1/2"	3/8"	1252	1250	1259
3/8"	1/4"			
1/4"	N°4			
N°4	N°8			
Peso total (g)		5002	4999	4991

DESCRIPCION	Gradacion N°01	Gradacion N°02	Gradacion N°03
Peso mat ret. tamiz N°12	3943	3930	3851
Peso mat. pasa tamiz N°12	1059	1069	1140
Porcentaje de desgaste	21.17%	21.38%	22.84%
Desgaste promedio	21.80%		

ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216
----------------	--

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE HUMEDAD					
Cantera	Isla			Vallecito		
Nro de Tara	T-12	T-14	T-16	T-01	T-15	T-13
Peso de Tara (gr)	22.85	22.95	23.85	25.03	22.33	23.73
Peso de Tara + Suelo Humedo (gr)	175.23	191.27	189.03	121.36	120.1	131.98
Peso de Tara + Suelo seco(gr)	173.8	189.58	187.54	120.27	119.01	130.42
Peso del agua(gr)	1.43	1.69	1.49	1.09	1.09	1.56
Peso del suelo seco (gr)	150.95	166.63	163.69	95.24	96.68	106.69
Contenido de humedad (%)	0.95%	1.01%	0.91%	1.14%	1.13%	1.46%
Contenido de humedad Promedio(%)	0.96%			1.24%		

MATERIAL GRANULAR	PORCENTAJE DE HUMEDAD
Cantera Isla 55%	0.526%
Cantera Vallecito 45%	0.560%
Total 100%	1.087%

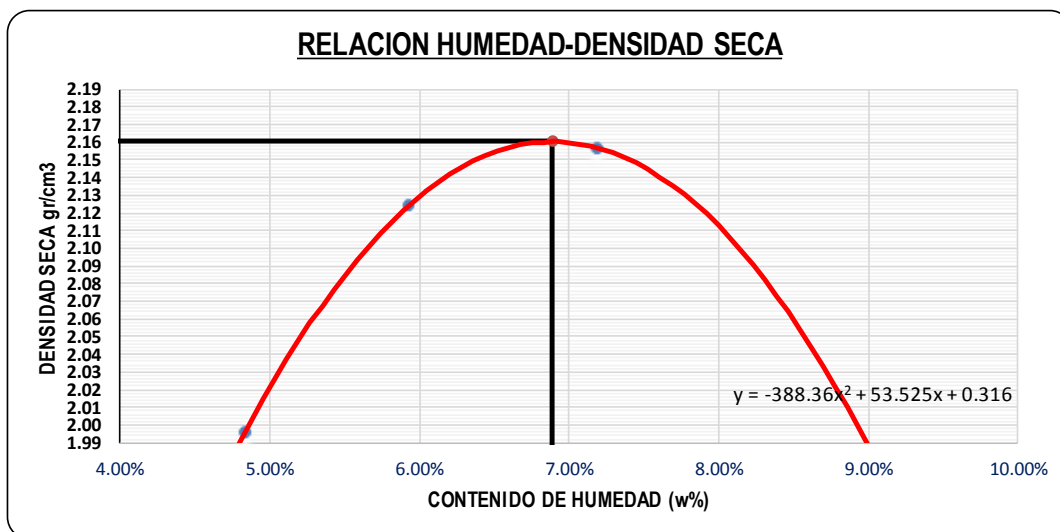
	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
---	--	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
CANtera	: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLEC	AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: MATERIAL GRANULAR	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA	: Ago-18



ENSAYO: PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM - D 1557	Nro de Muestra : M-01 Clasificación SUCS : GP GC Grava mal gradada con arcilla Clasificación AASHTO : A-2-7 Grava y arena arcillosa o
--	--

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE DENSIDAD				
Volumen del molde	cm ³	2116.88	2116.88	2116.88	2116.88
Diametro de molde	cm	15.23	15.23	15.23	15.23
Altura de molde	cm	11.62	11.62	11.62	11.62
Peso del suelo humedo + molde	gr	10350	10681	10813	10804
Peso del molde	gr	5919	5919	5919	5919
Peso del suelo humedo	gr	4431	4762	4894	4885
Densidad de suelo humedo	gr/cm ³	2.09	2.25	2.31	2.31

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE HUMEDAD								
Capsula N°	gr	T-012	T-007	T-003	T-025	T-037	T-001	T-027	T-016
Suelo Humedo + capsula	gr	74.06	85.97	105.64	85.38	83.18	100.91	96.68	99.42
Peso de suelo seco + capsula	gr	71.78	82.77	100.31	81.77	78.87	95.57	90.14	91.35
Peso del agua	gr	2.28	3.20	5.33	3.61	4.31	5.34	6.54	8.07
Peso de capsula	gr	23.25	18.49	16.07	16.33	16.40	24.01	16.66	16.76
Peso del suelo seco	gr	48.53	64.28	84.24	65.44	62.47	71.56	73.48	74.59
% de humedad	%	4.70%	4.98%	6.33%	5.52%	6.90%	7.46%	8.90%	10.82%
Promedio de humedad	%	4.84%		5.92%		7.18%			
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	2.00		2.12		2.16			



MAXIMA DENSIDAD SECA:	2.16 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	6.89%

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
---	--	---



TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
CANTERA	: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLECITO	AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: MATERIAL GRANULAR	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA	Oct-18
ENSAYO: <div style="text-align: center;">CBR</div> NORMA ASTM - D3080-98		Nro de Muestra	: M-01
		Area del Piston	:19.35 cm ²
		Expansion Maxima	0.131

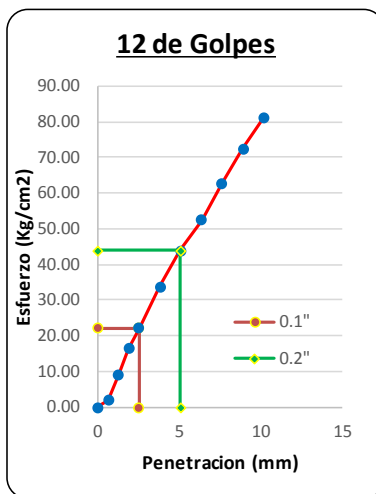
DESCRIPCIÓN			CONTROL DE DENSIDAD			
N° de ensayo	1		2		3	
Numero de golpes por capa	12		25		56	
Nro de Molde	M-02		M-01		C-04	
Peso de Molde (gr)	7353		7636		7523	
Volumen de Molde (cm ³)	2116.02		2113.67		2118.27	
Condicion de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del material + Molde (gr)	11880	17784	12233	18176	12324	18072
Peso del material (gr)	4527	10431	4597	10540	4801	10549
Peso volumetrico humedo (gr/cm ³)	2.14	4.93	2.17	4.99	2.27	4.98

DESCRIPCIÓN			CONTROL DE HUMEDAD			
Nro de Tara	T-007	T-015	T-025	T-012	T-003	T-019
Peso de Tara (gr)	18.49	15.99	16.34	23.25	16.06	16.32
Peso de Tara + Suelo Humedo (gr)	93.91	86.28	80.3	101.6	136.93	76.46
Peso de Tara + Suelo seco(gr)	89.03	80.87	75.68	96.93	129.61	71.89
Peso del agua(gr)	4.88	5.41	4.62	4.67	7.32	4.57
Peso del suelo seco (gr)	70.54	64.88	59.34	73.68	113.55	55.57
Contenido de humedad (%)	6.92%	8.34%	7.79%	6.34%	6.45%	8.22%
Contenido de humedad Promedio(%)	7.63%		7.06%		7.34%	
Peso Volumetrico Seco (gr/cm ³)	1.99		2.03		2.11	

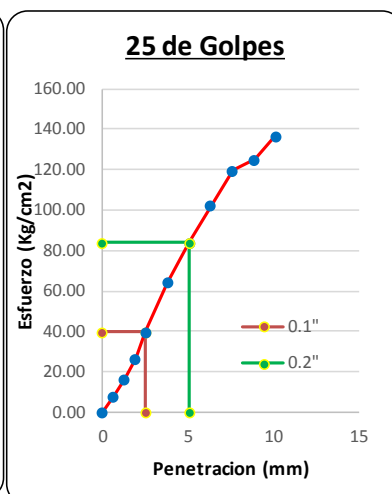
DESCRIPCIÓN			CONTROL DE LA EXPANSIÓN					
Altura de la muestra								
Fecha	Hora	Tiempo	Lectura (")	Expansion (%)	Lectura (")	Expansion (%)	Lectura (")	Expansion (%)
1-Oct	2:30 p. m.		0.7000	0.0000	5.6200	0.0000	3.7050	0.0000
5-Oct	2:30 p. m.	4 Dias	0.7050	0.1095	5.6260	0.1313	3.7090	0.0874

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE LA PENETRACIÓN						
Penetracion (mm)	Tiempo(min)	Carga Estatica	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
0	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0:30		35.00	1.80	158.00	8.13	41.50	2.13
1.27	1:00		177.50	9.13	321.00	16.51	241.50	12.42
1.91	1:30		320.00	16.46	518.00	26.64	615.00	31.64
2.54	2:00		431.50	22.19	769.00	39.55	1104.00	56.79
3.81	3:00		656.00	33.74	1247.00	64.13	2105.00	108.28
5.08	4:00		854.00	43.92	1633.50	84.01	3508.00	180.45
6.35	5:00		1018.50	52.38	1987.00	102.19	4063.00	209.00
7.62	6:00		1222.00	62.85	2323.00	119.47	4891.00	251.59
8.89	7:00		1410.50	72.54	2434.00	125.18	4999.00	257.15
10.16	8:00		1576.00	81.05	2653.00	136.44	4999.00	257.15

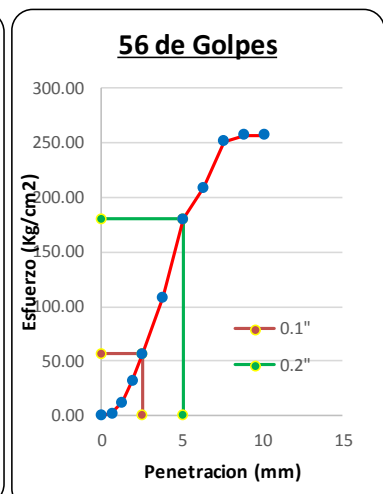
	<p align="center">UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</p>		
TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
CANTERA	: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLECITO	AUTOR	HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: MATERIAL GRANULAR	ASESORA	JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA	Oct-18
ENSAYO: <div align="center">CBR</div> NORMA ASTM - D3080-98		Muestra	:Base Granular
		Area del Piston	: 19.35 cm ²
		Expansion Maxima	0.1313



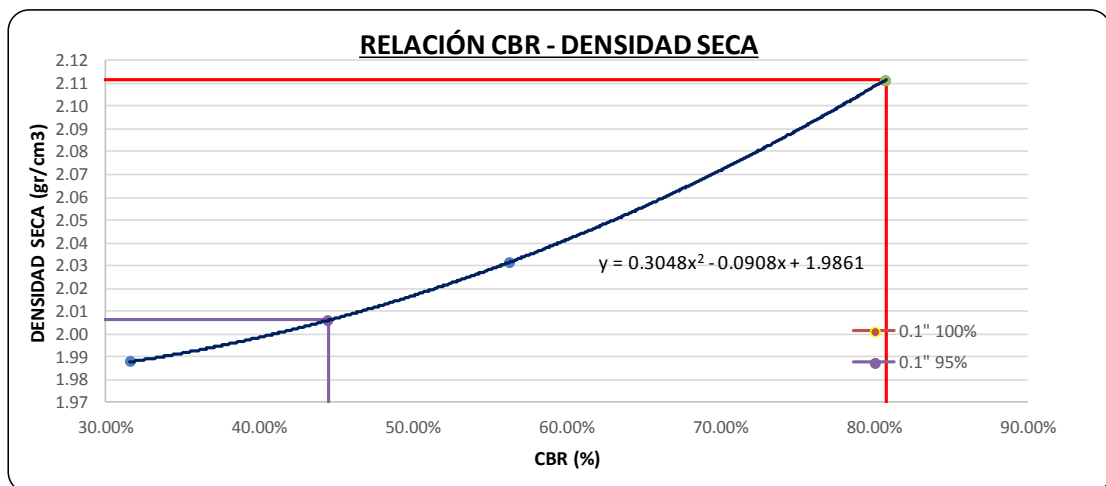
CBR 0.1" : 31.56%
CBR 0.2" : 41.65%



CBR 0.1" : 56.25%
CBR 0.2" : 79.66%



CBR 0.1" : 80.77%
CBR 0.2" : 171.11%



DENSIDAD SECA AL 100%:	2.11	gr/cm³	CBR 100%:	80.77%
DENSIDAD SECA AL 95%:	2.0060	gr/cm³	CBR 95% :	44.47%

Anexo A-4: Ficha técnica de la emulsión asfáltica

	FICHA TECNICA EMULSION ASFALTICA DE ROTURA LENTA	FT-CSS-1
		Aprobación: 19/06/2013
		Version: 01

DESCRIPCION

Emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de agente emulsificante de rotura lenta. Las pequeñas gotas de asfalto emulsificado son catiónicas (carga positiva).

VENTAJAS

Los grados de rotura lenta se diseñan para lograr mezclas estables.

APLICACIÓN

Recomendada para la preparación de lechadas asfálticas (slurry seal), preparación de mezclas en frío, ya sea en planta ó en situ.

ESPECIFICACIONES

ENSAYOS		METODO		EMULTEC CSS-1	
Ensayos sobre la emulsión		ASTM	MTC	Mínimo	Máximo
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C, ssf		D 244	E 403	20	100
Estabilidad al almacenamiento, 24 hr, %		D 244	----	----	1
Destilación	- Contenido de asfalto residual, %	D 244	E 401	57	----
	- Contenido de disolventes, %	D 244	E 401	----	----
Prueba del tamiz N°20, %		D 244	E 405	----	0.1
Carga de partícula		D 244	E 407	Positiva	
Mezcla con cemento, %		D 244	E 410	----	2
Ensayos sobre el residuo de emulsión		ASTM	MTC	Mínimo	Máximo
Penetración, 25°C, 100 g, 5 s, dmm		D 5	E 304	40	90
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm		D 113	E 306	40	----
Solubilidad en tricloroetileno, %		D 2042	E 302	97.5	----



PRESENTACIÓN

A granel ó en tambores de 55 galones.

ALMACENAMIENTO

Almacene la emulsión entre 10°C y 60°C. No permita que la emulsión asfáltica se congele. Esto produce la rotura la emulsión, separando el asfalto del agua. No permita que la emulsión asfáltica sea calentada por encima de los 85°C. Las temperaturas elevadas evaporan el agua, modificando las características de la emulsión asfáltica. No permita que la temperatura de la superficie de calentamiento exceda los 100°C, de suceder esto, se producirá la rotura prematura de la emulsión sobre aquella. No use aire a presión para agitar la emulsión. Puede causar la rotura de la emulsión. El exceso de mezclado y de bombeo debe evitarse.

Anexo B: Diseño de Mezcla

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
---	--	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
CANTERA	: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLECITO	AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: MATERIAL GRANULAR	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA	: Ago-18

ENSAYO:	PORCENTAJE TENTATIVO DE ASFALTO <small>INSTITUTO DEL ASFALTO</small>
----------------	--

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	% que pasa	Observaciones
3	76.20		
2 1/2	63.50		
2	50.80	100.00	
1 1/2	38.10	92.03	
1"	25.4	73.19	
3/4"	19.05	64.70	
1/2"	12.7	54.74	
3/8"	9.53	47.43	
1/4"	6.35	40.43	
No4	4.76	35.83	
No10	2.00	27.06	
No20	0.84	22.29	
No30	0.59		
No40	0.42	12.98	
No 50	0.30		
No60	0.25		
No80	0.18		
No100	0.15	5.56	
No200	0.07	4.13	



$$\% \text{ EMULSION} = \frac{[(0.06*B) + (0.01*C)]}{A} * 100$$

Donde:

- % EMULSION : Porcentaje inicial estimado de emulsion asfaltica.
- A : Porcentaje de asfalto residual.
- B : Porcentaje que pasa el tamiz N° 4
- C : Porcentaje retenido en el tamiz N° 4
C= (100-B)

DESCRIPCION	DATOS
Porcentaje de Asfalto residual (A)	60.00
Porcentaje que pasa el tamiz N° 4 (B)	35.83
Porcentaje retenido en el tamiz N° 4 (C)	64.17

PORCENTAJE TENTATIVO DE EMULSION (%)	4.65
---	-------------

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
---	--	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
CANTERA	: COMBINACION CANTERAS ISLA-VALLECITO	AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO
MUESTRA	: MATERIAL GRANULAR	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: JULIACA	FECHA	: Oct-18

ENSAYO:	RECUBRIMIENTO Y ADHERENCIA INSTITUTO DEL ASFALTO
----------------	--

DESCRIPCION	
Peso de Material Seco (gr)	500
Porcentaje Tentativo de Emulsion (%)	4.65
Cantidad de Emulsion (gr)	23.26
Cantidad de Agua en la Emulsion (gr)	9.30
Porcentaje de Humedad Optima	6.89%
Cantidad de Agua para 500 gr.	34.45
Agua Faltante	25.15

MATERIAL GRANULAR		PESO
Cantera Isla	55%	275.00
Cantera Vallecito	45%	225.00
Total	100%	500.00

Porcentaje de Humedad (%)	Humedad Necesaria (gr.)	Agua Faltante (gr.)	Recubrimiento	Adherencia
6.89%	34.45	25.15	ACCEPTABLE	ACCEPTABLE
6.50%	32.50	23.20	ACCEPTABLE	ACCEPTABLE
6.00%	30.00	20.70	ACCEPTABLE	-
5.50%	27.50	18.20	NO RECOMENDABLE	-
5.00%	25.00	15.70	NO RECOMENDABLE	-
4.50%	22.50	13.20	NO RECOMENDABLE	-

ENSAYO:	ELABORACION DE BRIQUETAS INSTITUTO DEL ASFALTO
----------------	--

DESCRIPCION	
Peso de Material Seco (gr)	1120
Humedad en el Material Granular	1.087%
Porcentaje de Humedad	6.00%

MATERIAL GRANULAR		PESO
Cantera Isla	55%	616.00
Cantera Vallecito	45%	504.00
Total	100%	1120.00

Porcentaje Tentativo de Emulsion (%)	Cantidad de Emulsion (gr)	Agua en la Emulsion (gr)	Humedad Necesaria (gr)	Agua Faltante (gr)
5.00%	56.00	22.40	55.03	32.63
6.00%	67.2	26.88	55.03	28.15
7.00%	78.4	31.36	55.03	23.67

Anexo C: Resultados de los Ensayos a los Especímenes



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VÍA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERIDAD PERUANA UNIÓN
 SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)
 ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
 UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO
 CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%
 MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO
 ADICIÓN : 5% DE EMULSION ASFALTICA
 ESPECIMEN : E01 - 01
 FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	5.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.15	10.17	10.16	10.16
2	ALTURA DE LA BRIQUETA (cm)	5.41	5.38	5.39	5.39
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	437.25			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	927.4			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) diel	2.50			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	10.97			
8	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.32			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	3256.64			
10	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1477.18			
11	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	5908.74			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FILIAL PUNO

[Firma]
 Bach. *[Firma]* Cárdena Yana Condori
 ENCARGADO DE LABORATORIO INGENIERÍA CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 FILIAL PUNO

[Firma]
 Ing. Felipe Santiago Jara Vidallon Vega
 CIP: 26510



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERIDAD PERUANA UNIÓN
SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)
ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO
CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%
MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO
ADICIÓN : 5% DE EMULSION ASFALTICA
ESPECIMEN : E01 - 01
FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	5.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.15	10.17	10.16	10.16
2	ALTURA DE LA BRIQUETA (cm)	5.41	5.38	5.39	5.39
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	437.25			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	927.4			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) dial	2.50			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	10.97			
8	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.32			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	3256.64			
10	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1477.18			
11	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	5908.74			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FILIAL PUNO
Hammer Kenshido Cari Anco
Bach. Hammer Kenshido Cari Anco
ENCARGADO DEL LABORATORIO INGENIERÍA CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FILIAL PUNO
Mg. Ing. Felipe Santiago Jara Viduán Vega
Mg. Ing. Felipe Santiago Jara Viduán Vega
CIP. 26510



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA. CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERIDAD PERUANA UNIÓN

SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)

ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI

UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO

CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%

MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO

ADICIÓN : 5% DE EMULSION ASFALTICA

ESPECIMEN : E01 - 03

FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	5.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.14	10.15	10.15	10.15
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	5.39	5.27	5.35	5.34
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	431.53			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	920.5			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) dial	2.5			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	9.84			
8	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.32			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	2920.75			
10	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1324.83			
11	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	5299.32			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FILIAL PUNO

Mary Carmen Yana Condori
Pach. Mary Carmen Yana Condori
ENCARGADA DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
FILIAL PUNO

Mg. Ing. Felipe Santiago Jara Vidalón Vega
Mg. Ing. Felipe Santiago Jara Vidalón Vega
CIP. 28510



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)

ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI

UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO

CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%

MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO

ADICIÓN : 6% DE EMULSION ASFALTICA

ESPECIMEN : E02 - 01

FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	6.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.12	10.11	10.14	10.12
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	5.49	5.42	5.47	5.46
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	439.47			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	915.6			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) dial	1			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	5.94			
8	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.32			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	1763.82			
10	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	800.05			
11	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	8000.53			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FILIAL PUNO
Rach. Mary Carmen Yana Candori
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
FILIAL PUNO
Mg. Ing. Felipe Santiago Jara Vidalón Vega
CIP. 28510



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERDIDAD PERUANA UNIÓN
SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)
ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO
CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%
MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO
ADICIÓN : 6% DE EMULSION ASFALTICA
ESPECIMEN : E02 - 02
FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	8.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.11	10.14	10.13	10.13
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.14	5.55	6.16	5.95
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	479.23			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	1009.7			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) dial	1.5			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	8.17			
8	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.14			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	2092.72			
10	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	949.24			
11	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	6328.26			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FILIAL PUNO

Bach. Lc. *Carrién Yana Condori*
ENCARGADO DE LABORATORIO MEC. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FILIAL PUNO
Mg. Ing. Felipe Santoflor Jara *Vicálón Vega*
CIP. 20510



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERIDAD PERUANA UNIÓN
SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)
ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO
CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%
MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO
ADICIÓN : 6% DE EMULSION ASFALTICA
ESPECIMEN : E02 - 03
FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	6.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.14	10.15	10.14	10.14
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	5.33	5.30	5.31	5.31
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	429.36			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	914.9			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) dial	1.25			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	6.99			
8	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.32			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	2074.62			
10	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	941.12			
11	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	7528.97			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FILIAL PUNO
Bach. Mary Carmen Yana Condori
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
FILIAL PUNO
Mg. Ing. Felipe Santiago Jara Vidalón Vega
CIR: 20510



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)
ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO
CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%
MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO
ADICIÓN : 7% DE EMULSION ASFALTICA
ESPECIMEN : E03 - 01
FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	7.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.19	10.24	10.21	10.21
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	5.53	5.38	5.64	5.52
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	451.96			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	959.2			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) dial	2			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	7.08			
8	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.25			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	1988.35			
10	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	901.90			
11	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	4509.50			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FILIAL PUNO
Bach. Mary Carmen Vina Condori
ENCARGADA DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
FILIAL PUNO
Mg. Ing. Felipe Santiago Jara Vidalon Vega
CIP. 26510

B.E. N° 8034-00079116



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERIDAD PERUANA UNIÓN

SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)

ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI

UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO

CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%

MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO

ADICIÓN : 7% DE EMULSION ASFALTICA

ESPECIMEN : E03 - 02

FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	7.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.45	10.45	10.47	10.4566667
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	5.49	5.46	5.55	5.50
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	472.32			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	990			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) dial	2			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	6.78			
8	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.14			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	1738.17			
10	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	788.42			
11	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	3942.10			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FILIAL PUNO
Bach. Mary Carmen Yana Condori
ENCARGADA DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
FILIAL PUNO
Ing. Felipe Santiago Jara Vidalón Vega
CIP. 26810



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

NORMA: ASTM D 6927 / AASHTO T 245 / MTC E 504

TESIS : OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSIÓN ASFALTICA. CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERIDAD PERUANA UNIÓN
SOLICITADO : BACH. HAMMER KENSHIDO CARI ANCO (TESISTA)
ASESORA : JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN : CIUDAD UNIVERSITARIA UPEU JULIACA - PUNO
CANTERA : ISLA EN 55% - VALLECITO EN 45%
MUESTRA : BASE TRATADA CON ASFALTO
ADICIÓN : 7% DE EMULSION ASFALTICA
ESPECIMEN : E03 - 03
FECHA : 08 DE NOVIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFALTICA	7.00	%
PORCENTAJE DE HORMIGÓN (CANTERA ISLA)	55.0	%
PORCENTAJE DE LIGANTE (CANTERA VALLECITO)	45.0	%

ITEM	DENOMINACION	CALCULOS			PROMEDIO
1	DIAMETRO DE LA BRIQUETA (cm)	10.19	10.17	10.21	10.19
2	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	5.84	5.56	5.69	5.70
3	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	464.58			
4	PESO DE LA BRIQUETA SECA EN EL AIRE (gr)	994.9			
5	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	-			
6	FLUJO (mm) dial	2			
7	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (KN)	7.33			
	CORRECCIÓN POR VOLUMEN	1.32			
8	ESTABILIDAD CORREGIDA (LIBRAS)	2174.34			
9	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	986.26			
10	ESTABILIDAD - FLUJO (Kg/cm)	4931.32			

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron puestas en laboratorio y etiquetadas por el solicitante








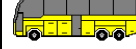



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FILIAL PUNO
Mg. Mary Carmen Yana Condori
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO





















UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
FILIAL PUNO
Mg. Ing. Felipe Santiago Jara Vidallon Vega
CIP 26510









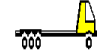
8.2 97/0014-00075118










Anexo D: Estudio de Trafico










ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR LUNES - IDA											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.											
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	18	5	47	16	2	0	0	0	0	88
7 hrs	8 hrs	28	9	76	21	0	0	0	0	0	134
8 hrs	9 hrs	18	5	56	25	0	0	1	0	0	105
9 hrs	10 hrs	13	3	61	27	0	0	0	0	0	104
10 hrs	11 hrs	12	2	56	22	0	0	1	0	0	93
11 hrs	12 hrs	14	5	47	19	0	0	1	0	0	86
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		103	29	343	130	2	0	3	0	0	610










ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR LUNES - RETORNO											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.											
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	12	3	46	15	0	0	0	0	0	76
7 hrs	8 hrs	11	7	72	20	2	0	0	0	0	112
8 hrs	9 hrs	13	3	57	24	0	0	1	0	0	98
9 hrs	10 hrs	11	4	63	26	0	0	0	0	0	104
10 hrs	11 hrs	13	3	53	20	0	0	2	0	0	91
11 hrs	12 hrs	17	4	49	21	0	0	1	0	0	92
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		77	24	340	126	2	0	4	0	0	573










ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR MARTES - IDA											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.											
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	8	2	44	21	2	0	0	0	0	77
7 hrs	8 hrs	13	7	65	28	0	0	0	0	0	113
8 hrs	9 hrs	14	5	54	26	0	0	1	0	0	100
9 hrs	10 hrs	12	2	48	19	1	0	2	0	0	84
10 hrs	11 hrs	13	1	47	16	0	0	3	0	0	80
11 hrs	12 hrs	10	2	55	18	0	0	2	0	0	87
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		70	19	313	128	3	0	8	0	0	541








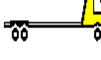
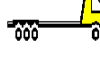
ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR MARTES - RETORNO											
HORA	SENTIDO	AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.											
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	8	0	42	20	0	0	0	0	0	70
7 hrs	8 hrs	13	5	66	27	2	0	0	0	0	113
8 hrs	9 hrs	14	4	53	25	0	0	1	0	0	97
9 hrs	10 hrs	12	1	50	20	0	0	2	0	0	85
10 hrs	11 hrs	13	0	47	17	0	0	2	0	0	79
11 hrs	12 hrs	10	1	51	18	1	0	2	0	0	83
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		70	11	309	127	3	0	7	0	0	527








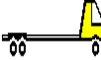

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR MIERCOLES - IDA											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.											
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	11	3	41	10	2	0	0	0	0	67
7 hrs	8 hrs	23	9	59	15	0	0	0	0	0	106
8 hrs	9 hrs	15	5	62	16	0	0	1	0	0	99
9 hrs	10 hrs	12	3	56	19	0	0	0	0	0	90
10 hrs	11 hrs	13	0	52	17	0	0	1	0	0	83
11 hrs	12 hrs	15	3	48	20	0	0	1	0	0	87
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		89	23	318	97	2	0	3	0	0	532









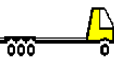
ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR MIERCOLES - RETORNO											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.											
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	6	2	40	10	0	0	0	0	0	58
7 hrs	8 hrs	12	8	58	15	2	0	0	0	0	95
8 hrs	9 hrs	9	4	60	16	0	0	0	0	0	89
9 hrs	10 hrs	12	1	53	19	0	0	0	0	0	85
10 hrs	11 hrs	12	1	54	17	0	0	2	0	0	86
11 hrs	12 hrs	14	2	52	20	0	0	1	0	0	89
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		65	18	317	97	2	0	3	0	0	502









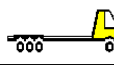
ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR JUEVES - IDA											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
DIAGRAMA VEH.											
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	12	3	32	21	1	0	0	0	0	69
7 hrs	8 hrs	31	6	82	43	2	0	0	0	0	164
8 hrs	9 hrs	23	3	62	36	0	0	2	0	0	126
9 hrs	10 hrs	11	8	49	31	0	0	1	0	0	100
10 hrs	11 hrs	13	7	51	26	0	0	1	0	0	98
11 hrs	12 hrs	14	4	53	37	2	0	0	0	0	110
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		104	31	329	194	5	0	4	0	0	667

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR JUEVES - RETORNO											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
DIAGRAMA VEH.											
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	10	1	30	21	2	0	0	0	0	64
7 hrs	8 hrs	28	4	81	43	2	0	0	0	0	158
8 hrs	9 hrs	21	2	58	34	0	0	2	0	0	117
9 hrs	10 hrs	12	6	52	32	0	0	1	0	0	103
10 hrs	11 hrs	11	8	51	25	0	0	1	0	0	96
11 hrs	12 hrs	10	6	53	36	1	0	0	0	0	106
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		92	27	325	191	5	0	4	0	0	644










ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR VIERNES - IDA											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.											
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	5	1	48	21	2	0	0	0	0	77
7 hrs	8 hrs	26	13	65	23	0	0	0	0	0	127
8 hrs	9 hrs	24	9	63	29	0	0	1	0	0	126
9 hrs	10 hrs	16	3	63	24	0	0	0	0	0	106
10 hrs	11 hrs	12	0	53	19	0	0	1	0	0	85
11 hrs	12 hrs	17	4	52	24	0	0	1	0	0	98
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		100	30	344	140	2	0	3	0	0	619

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR VIERNES - RETORNO											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.											
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	2	0	47	20	0	0	0	0	0	69
7 hrs	8 hrs	18	9	64	23	2	0	0	0	0	116
8 hrs	9 hrs	14	5	62	30	0	0	0	0	0	111
9 hrs	10 hrs	12	1	63	22	0	0	0	0	0	98
10 hrs	11 hrs	11	3	55	21	0	0	1	0	0	91
11 hrs	12 hrs	16	4	50	23	0	0	1	0	0	94
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		73	22	341	139	2	0	2	0	0	579










ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR DOMINGO - IDA											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
DIAGRAMA VEH.											
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	13	4	47	18	0	0	0	0	0	82
7 hrs	8 hrs	24	11	61	22	0	0	0	0	0	118
8 hrs	9 hrs	16	5	56	20	1	0	0	0	0	98
9 hrs	10 hrs	13	4	45	24	0	0	1	0	0	87
10 hrs	11 hrs	10	6	53	20	0	0	0	0	0	89
11 hrs	12 hrs	17	7	46	16	0	0	0	0	0	86
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		93	37	308	120	1	0	1	0	0	560

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR DOMINGO - RETORNO											
HORA		AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
DIAGRAMA VEH.											
						B2	>=B3	C2	C3	C4	
5 hrs	6 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 hrs	7 hrs	6	2	43	17	0	0	0	0	0	68
7 hrs	8 hrs	11	8	59	20	0	0	0	0	0	98
8 hrs	9 hrs	13	3	57	20	0	0	0	0	0	93
9 hrs	10 hrs	12	5	43	26	0	0	0	0	0	86
10 hrs	11 hrs	9	6	55	21	0	0	0	0	0	91
11 hrs	12 hrs	18	8	48	13	1	0	0	0	0	88
12 hrs	13 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 hrs	14 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		69	32	305	117	1	0	0	0	0	524

RESUMEN DEL ESTUDIO DE LA CLASIFICACION VEHICULAR-IDA

DIA	AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
					B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.										
Domingo	93	37	308	120	1	0	1	0	0	560
Lunes	103	29	343	130	2	0	3	0	0	610
Martes	70	19	313	128	3	0	8	0	0	541
Miercoles	89	23	318	97	2	0	3	0	0	532
Jueves	104	31	329	194	5	0	4	0	0	667
Viernes	100	30	344	140	2	0	3	0	0	619
TOTAL	559	169	1955	809	15	0	22	0	0	3529
PORCENTAJE %	15.84%	4.79%	55.40%	22.92%	0.43%	0.00%	0.62%	0.00%	0.00%	100.00%

RESUMEN DEL ESTUDIO DE LA CLASIFICACION VEHICULAR - RETORNO

DIA	AUTO	PICKUP	RURAL COMBI	BUSETA MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
					B2	>=B3	C2	C3	C4	
DIAGRAMA VEH.										
Domingo	69	32	305	117	1	0	0	0	0	524
Lunes	77	24	340	126	2	0	4	0	0	573
Martes	70	11	309	127	3	0	7	0	0	527
Miercoles	65	18	317	97	2	0	3	0	0	502
Jueves	92	27	325	191	5	0	4	0	0	644
Viernes	73	22	341	139	2	0	2	0	0	579
TOTAL	446	134	1937	797	15	0	20	0	0	3349
PORCENTAJE %	13.32%	4.00%	57.84%	23.80%	0.45%	0.00%	0.60%	0.00%	0.00%	100.00%

TRAFICO PROMEDIO DIARIO SEMANAL

VEHICULOS		DOM.	LUN.	MAR.	MIER.	JUEV.	VIERN.	TOTAL	%	
TRAFICO LIGERO	Autos	93	103	70	89	104	100	559	15.84%	
	Camioneta Pick Up	37	29	19	23	31	30	169	4.79%	
	Micro Bus-Combi Rural	308	343	313	318	329	344	1955	55.40%	
	Buseta - Micro	120	130	128	97	194	140	809	22.92%	
TRAFICO PESADO	BUS.	B2	1	2	3	2	5	2	15	0.43%
		B3	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
		C2	1	3	8	3	4	3	22	0.62%
	CAMION	C3	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
		C4	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
		TOTAL Tdi	560	610	541	532	667	619	3529.00	100.00%
	TPDS	93.3	101.7	90.2	88.7	111.2	103.2	588.16667		

NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (ESAL)

VEHICULOS		IMD	FACTOR DIRECCIONAL	FACTOR CARRIL	FACTOR DE PRESION DE NEUMATICOS	FACTOR CAMION	EE dia - carril	FCA	AÑO/ DIAS	Nº Rep EE	
TRAFICO LIGERO	Autos		98.209	0.50	1.0	1.33	0.0008	0.05225	26.87	365	512.42
	Camioneta Pick Up		29.691	0.50	1.0	1.33	0.0122	0.24088	26.87	365	2,362.48
	Micro Bus-Combi Rural		343.468	0.50	1.0	1.33	0.0220	5.02494	26.87	365	49,282.38
	Buseta - Micro		142.131	0.50	1.0	1.33	1.0000	94.51706	26.87	365	926,980.78
TRAFICO PESADO	BUS.	B2	2.635	0.50	1.0	1.33	4.5040	7.89317	26.87	365	77,412.63
		B3	0.000	0.50	1.0	1.33	2.6310	-	26.87	365	-
	CAMION	C2	3.865	0.50	1.0	1.33	4.5040	11.57665	26.87	365	113,538.53
		C3	0.000	0.50	1.0	1.33	3.2850	-	26.87	365	-
		C4	0.000	0.50	1.0	1.33	2.5270	-	26.87	365	-
										TOTAL :	1,170,089.22

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA - E. A. P. INGENIERIA CIVIL</p> <p style="text-align: center;">AFORO VEHICULAR</p>	
---	---	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: SALIDA AREQUIPA KM 6 - JULIACA	FECHA	: 14/11/2018

CALCULO DEL NUMERO DE EJES EQUIVALENTES

VEHICULOS			DOM.	LUN.	MAR.	MIER.	JUEV.	VIERN.
TRAFICO LIGERO	Autos		93	103	70	89	104	100
	Camioneta Pick		37	29	19	23	31	30
	Micro Bus-		308	343	313	318	329	344
	Buseta - Micro		120	130	128	97	194	140
TRAFICO PESADO	BUS.	B2	1	2	3	2	5	2
		B3	0	0	0	0	0	0
	CAMION	C2	1	3	8	3	4	3
		C3	0	0	0	0	0	0
		C4	0	0	0	0	0	0
TOTAL Tdi			560	610	541	532	667	619
Volumen de transito Semanal			3529					
Transito Promedio Diario Semanal			588					

FATOR DE CRECIMIENTO ANUAL

Tasa Anual de Crecimiento

r: 3%

Periodo de Diseño

n: 20 años

Fca: 26.870 %

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

Desviacion Estandar Muestral:

S: 53 Veh. Mix./Dia

Desviacion Estandar Poblacional:

σ : 20 Veh. Mix./ Dia

Nivel de Confiabilidad al 90%

K: 1.64

IMDA	620	Max.
	556	Min.

IMDA: 620 Veh./Dia

FACTOR DIRECCIONAL

Fd: 0.5

FACTOR CARRIL

Fc: 1

FACTOR DE AJUSTE DE PRESION DE NEUMATICOS

Presion de contacto del neumatico:

90 lb/pl2

Espesor de Capa de rodadura:



60 mm

Fp: 1.33

NUMERO DE EJES EQUIVALENTES

EE: 1,170,089

Anexo E: Propiedades de la Subrasante

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA E. A. P. INGENIERIA CIVIL PROPIEDADES DE SUBRASANTE	
---	--	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UPeU - FILIAL JULIACA	FECHA	: 14/11/2018

UBICACIÓN: Km 00+000

DESCRIPCION	CBR	CLASIFICACION	INDICE DE PLASTICIDAD	ESPECIFICACIONES
CALICATA N°01	20.30%	al 100% M.D.S.	SUCS	Limos Inorganicos y arena muy fina
	13.20%	al 95% M.D.S.	AASHTO	
			ML	
			A-4(4)	
			10.82%	

UBICACIÓN: Km 00+250

DESCRIPCION	CBR	CLASIFICACION	INDICE DE PLASTICIDAD	ESPECIFICACIONES
CALICATA N°02	34.90%	al 100% M.D.S.	SUCS	Arenas mal graduadas, con presencia de limos
	24.50%	al 95% M.D.S.	AASHTO	
			SP-SM	
			A-1-b(0)	
			NP	

UBICACIÓN: Km 00+500

DESCRIPCION	CBR	CLASIFICACION	INDICE DE PLASTICIDAD	ESPECIFICACIONES
CALICATA N°03	30.10%	al 100% M.D.S.	SUCS	Arenas mal graduadas, con presencia de limos
	21.60%	al 95% M.D.S.	AASHTO	
			SP-SM	
			A-1-b(0)	
			N.P.	

UBICACIÓN: Km 00+750

DESCRIPCION	CBR	CLASIFICACION	INDICE DE PLASTICIDAD	ESPECIFICACIONES
CALICATA N°04	22.40%	al 100% M.D.S.	SUCS	Arenas arcillosas, con presencia de limos
	18.00%	al 95% M.D.S.	AASHTO	
			SC	
			A-2-4(0)	
			9.15%	



SUBRASANTE A UTILIZAR:

CBR de diseño (%)*	15.60%
Modulo Resiliente (psi)	14824.862

* El CBR de diseño corresponde a la capacidad de soporte mas baja de los 4 estudios, por ello se promedia los valores de 13.20 y 18.00% de las calicatas 01 y 04 al 95% de la M.D.S.

Anexo F: Diseño de Pavimento

Anexo F-1: Diseño de Pavimento Convencional

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA E. A. P. INGENIERIA CIVIL DISEÑO DE PAVIMENTOS-AASHTO 93	
---	---	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UPEU - FILIAL JULIACA	FECHA	: 14/11/2018

DATOS DE ESTUDIO DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

Ejes Equivalentes	EE:	1,170,089
Nivel de Confiabilidad	R:	85%
Desviacion Estandar Combinada	So:	0.45
Coficiente Estadístico de Desviacion Estandar Normal	Zr:	-1.036
Indice de Serviciabilidad Inicial	Pi:	4.00
Indice de Serviciabilidad Final	Pt:	2.50
Variacion de Serviciabilidad Final	ΔPSI:	1.50
Modulo de Resiliencia de la Subrasante		14,825 psi
Periodo de Diseño		20 años

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL DE PRESTAMO

Base Granular	CBR:	80%
Sub-Base	CBR:	40%

DATOS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Coeficientes Estructurales de Capa		
Carpeta Asfaltica	(a1):	0.170
Base Granular	(a2):	0.052
Sub-Base	(a3):	0.047
Coeficientes de Drenaje de Capa		
Base Granular	(m2):	0.900
Sub-Base	(m3):	0.900

DATOS DE SALIDA



Numero Estructural Requerido Total
Numero Estructural de Carpeta Asfaltica
Numero Estructural Base Granular
Numero Estructural Sub-Base
Numero Estructural Total

REQUERIDO
2.67
1.36
0.70
0.63
2.70

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO

Espesor de Carpeta Asfaltica	8.00
Espesor Base Granular	15.00
Espesor Sub-Base	15.00
Espesor Total	38.00

Anexo F-2: Diseño de Pavimento Semirrígido

	<p align="center">UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA E. A. P. INGENIERIA CIVIL DISEÑO DE PAVIMENTOS-AASHTO 93</p>	
---	---	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UPEU - FILIAL JULIACA	FECHA	: 14/11/2018

DATOS DE ESTUDIO DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

Ejes Equivalentes	EE:	1,170,089
Nivel de Confiabilidad	R:	85%
Desviacion Estandar Combinada	So:	0.45
Coefficiente Estadístico de Desviacion Estandar Normal	Zr:	-1.036
Indice de Serviciabilidad Inicial	Pi:	4.00
Indice de Serviciabilidad Final	Pt:	2.50
Variacion de Serviciabilidad Final	ΔPSI:	1.50
Modulo de Resiliencia de la Subrasante		14,825 psi
Periodo de Diseño		20 años

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL DE PRESTAMO

Base Granular Tratada con Emulsion Asfaltica	Estabilidad Marshall:	3,531.73 Lb
Sub-Base	CBR:	40%

DATOS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Coeficientes Estructurales de Capa		
Carpeta Asfaltica	(a1):	0.170
Base Granular Tratada con Emulsion Asfaltica	(a2):	0.115
Sub-Base	(a3):	0.047
Coeficientes de Drenaje de Capa		
Base Granular Tratada con Emulsion Asfaltica	(m2):	1.080
Sub-Base	(m3):	0.900



DATOS DE SALIDA

	REQUERIDO
Numero Estructural Requerido Total	2.67
Numero Estructural de Carpeta Asfaltica	0.85
Numero Estructural Base Granular	1.86
Numero Estructural Sub-Base	-
Numero Estructural Total	2.71

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO

	PROPUESTO (cm)
Espesor de Carpeta Asfaltica	5.00
Espesor Base Granular	15.00
Espesor Sub-Base	-
Espesor Total	20.00

Anexo F-3: Diseño de Pavimento Básico

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN – JULIACA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA E. A. P. INGENIERIA CIVIL DISEÑO DE PAVIMENTOS-AASHTO 93	
---	---	---

TESIS	: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA, CASO DE ESTUDIO: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN-FILIAL JULIACA.		
AUTOR	: HAMMER KENSHIDO CARI ANCO	ASESORA	: JUANA BEATRIZ AQUISE PARI
UBICACIÓN	: VIA DE INGRESO AL CAMPUS DE LA UPEU - FILIAL JULIACA	FECHA	: 14/11/2018

DATOS DE ESTUDIO DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

Ejes Equivalentes	EE:	1,170,089
Nivel de Confiabilidad	R:	85%
Desviacion Estandar Combinada	So:	0.45
Coefficiente Estadístico de Desviacion Estandar Normal	Zr:	-1.036
Indice de Serviciabilidad Inicial	Pi:	4.00
Indice de Serviciabilidad Final	Pt:	2.50
Variacion de Serviciabilidad Final	ΔPSI:	1.50
Modulo de Resiliencia de la Subrasante		14,825 psi
Periodo de Diseño		20 años

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL DE PRESTAMO

Base Granular Tratada con Emulsion Asfaltica	Estabilidad Marshall:	3,531.73 Lb
Sub-Base	CBR:	40%

DATOS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Coeficientes Estructurales de Capa		
Carpeta Asfaltica	(a1):	0.170
Base Granular Tratada con Emulsion Asfaltica	(a2):	0.115
Sub-Base	(a3):	0.047
Coeficientes de Drenaje de Capa		
Base Granular Tratada con Emulsion Asfaltica	(m2):	1.080
Sub-Base	(m3):	0.900

DATOS DE SALIDA

	REQUERIDO
Numero Estructural Requerido Total	2.67
Numero Estructural de Carpeta Asfaltica	0.00
Numero Estructural Base Granular	1.86
Numero Estructural Sub-Base	0.85
Numero Estructural Total	2.71

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO

	PROPUESTO (cm)
Espesor de Carpeta Asfaltica	0.00
Espesor Base Granular	15.00
Espesor Sub-Base	20.00
Espesor Total	35.00

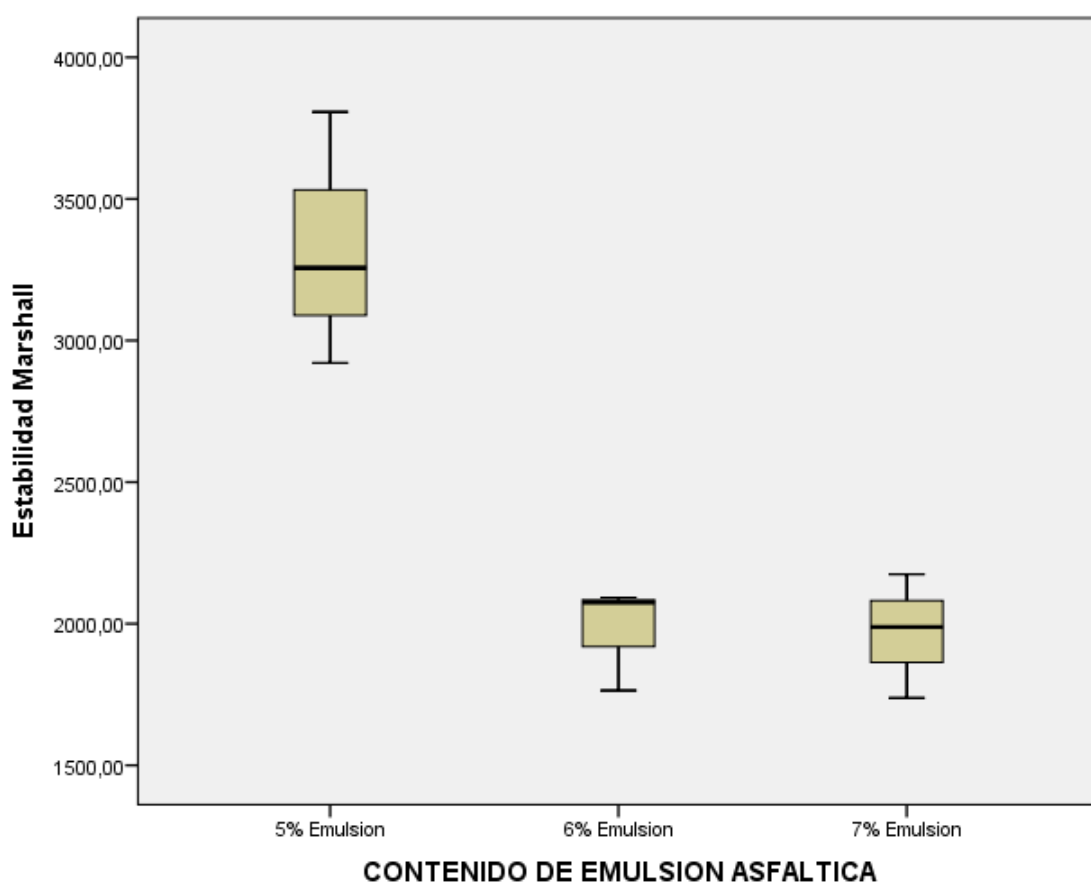
Descriptivos

CONTENIDO DE EMULSION ASFALTICA			Estadístico	Error estándar
Estabilidad Marshall	5% Emulsión	Media	3328,0667	258,26466
		95% de intervalo de confianza para la media		
		Límite inferior	2216,8435	
		Límite superior	4439,2898	
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	3256,6400	
		Varianza	200101,907	
		Desviación estándar	447,32752	
		Mínimo	2920,75	
		Máximo	3806,81	
		Rango	886,06	
		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	,700	1,225
		Curtosis	.	.
	6% Emulsión	Media	1977,1200	106,77511
		95% de intervalo de confianza para la media		
		Límite inferior	1517,7038	
		Límite superior	2436,5362	
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	2074,8200	
		Varianza	34202,770	
		Desviación estándar	184,93991	
		Mínimo	1763,82	
		Máximo	2092,72	
		Rango	328,90	
		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	-1,714	1,225
		Curtosis	.	.
	7% Emulsión	Media	1966,9533	126,36512
		95% de intervalo de confianza para la media		
		Límite inferior	1423,2481	
		Límite superior	2510,6586	
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	1988,3500	
		Varianza	47904,430	
		Desviación estándar	218,87081	
		Mínimo	1738,17	
		Máximo	2174,34	
		Rango	436,17	
		Rango intercuartil	.	

Asimetría	-,436	1,225
Curtosis	.	.

Pruebas de normalidad

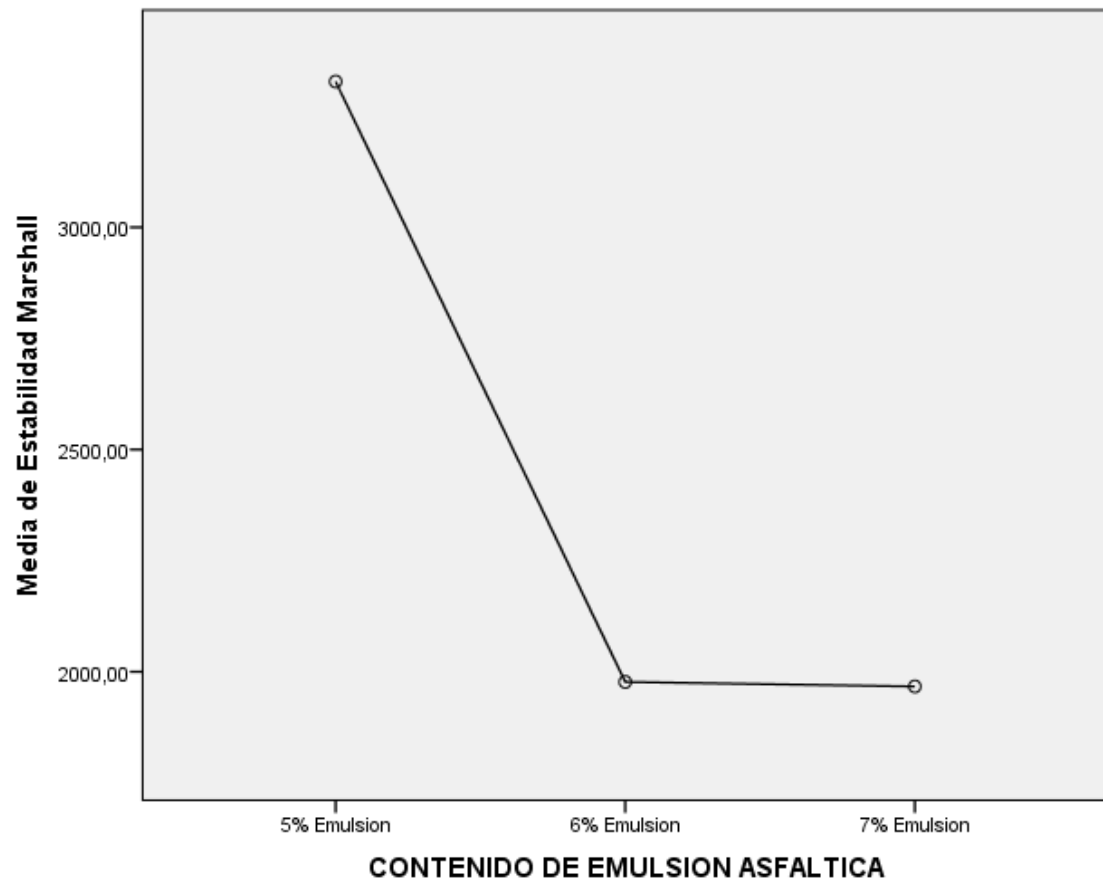
	CONTENIDO DE EMULSION ASFALTICA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad Marshall	5% Emulsión	,230	3	.	,981	3	,735
	6% Emulsión	,368	3	.	,791	3	,092
	7% Emulsión	,206	3	.	,993	3	,838



ANOVA

Estabilidad Marshall

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3677789,763	2	1838894,882	19,548	,002
Dentro de grupos	564418,215	6	94069,703		
Total	4242207,979	8			



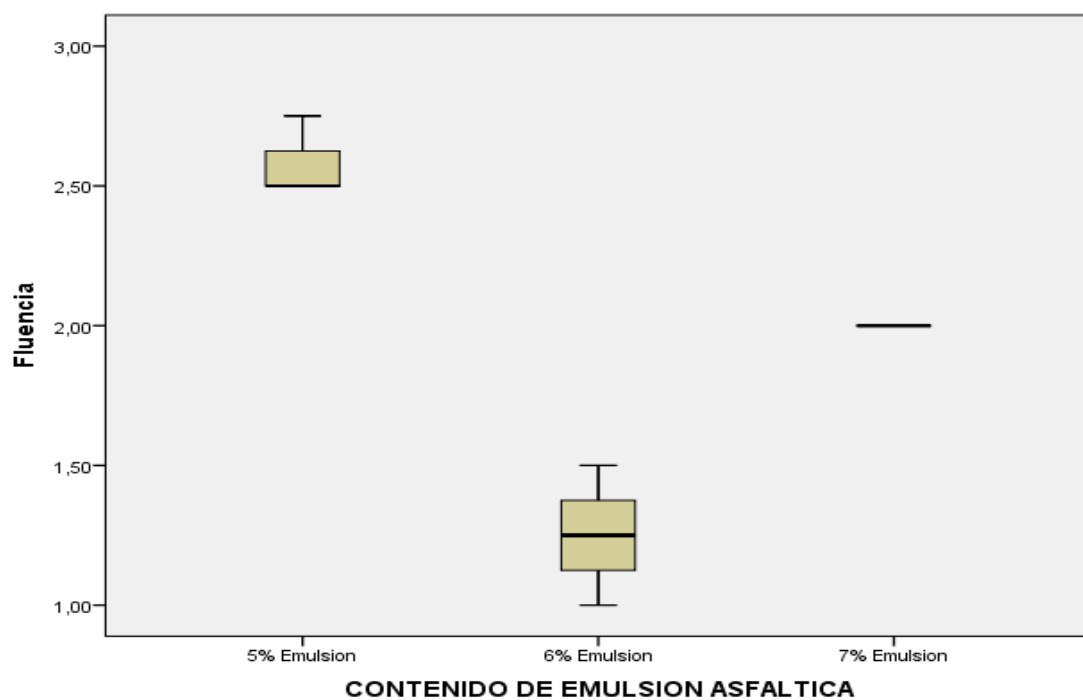
Anexo G-2: Análisis estadístico de resultados de fluencia

Descriptivos^a

CONTENIDO DE EMULSION ASFALTICA			Estadístico	Error estándar
Fluencia	5% Emulsión	Media	2,5833	,08333
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,2248 2,9419
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	2,5000	
		Varianza	,021	
		Desviación estándar	,14434	
		Mínimo	2,50	
		Máximo	2,75	
		Rango	,25	
		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	1,732	1,225
		Curtosis	.	.
	6% Emulsión	Media	1,2500	,14434
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	,6290 1,8710
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	1,2500	
		Varianza	,063	
		Desviación estándar	,25000	
		Mínimo	1,00	
		Máximo	1,50	
		Rango	,50	
		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	,000	1,225
		Curtosis	.	.

Pruebas de normalidad^b

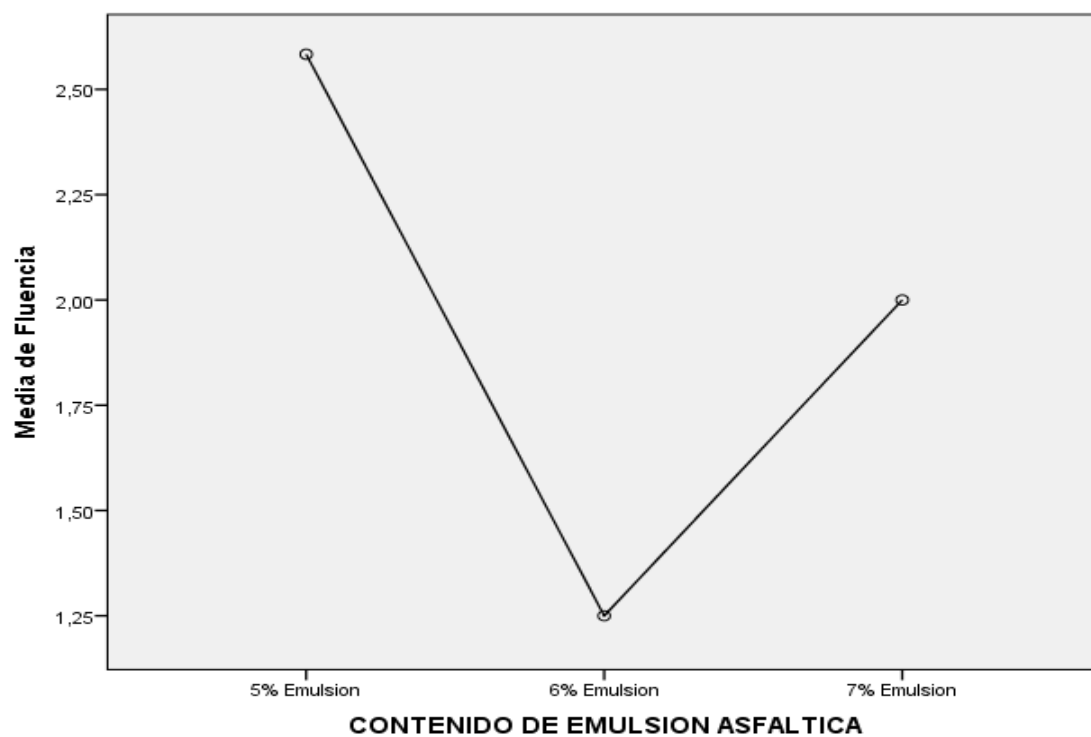
CONTENIDO DE EMULSION ASFALTICA		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Fluencia	5% Emulsion	,385	3	.	,750	3	,000
	6% Emulsion	,175	3	.	1,000	3	1,000



ANOVA

Fluencia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,681	2	1,340	48,250	,000
Dentro de grupos	,167	6	,028		
Total	2,847	8			



Anexo H: Panel Fotográfico



Fotografía 1. Explotación de Cantera Vallecito



Fotografía 2. Banco de material granular-Cantera Vallecito



Fotografía 3. Obtención de muestras representativas



Fotografía 4. Ensayo Granulométrico por tamizado



Fotografía 5. Ensayo para la determinación del límite líquido



Fotografía 6. Ensayo para la determinación del equivalente de arena



Fotografía 7. Ensayo de compactación de suelos utilizando energía modificada



Fotografía 8. Ensayo de recubrimiento de agregados



Fotografía 9. Elaboración de especímenes



Fotografía 10. Mezclado de Material granular-emulsión asfáltica



Fotografía 11. Compactación de mezcla material granular-emulsión asfáltica



Fotografía 12. Especímenes compactados



Fotografía 13. Curado de Especímenes



Fotografía 14. Desmoldado de Especímenes



Fotografía 15. Especímenes de material granular-emulsión asfáltica



Fotografía 16. Ensayo de especímenes compactados

Anexo I: Análisis de Costo Unitario

Análisis de Costos Unitarios

Proyecto	Optimización de espesores de pavimentos utilizando emulsión asfáltica, caso de estudio: vía de ingreso a la Universidad		
	Peruana Unión-filial Juliaca		
Sub Presupuesto	01 - Presupuesto general		
Cliente	UPeU		
Ubicación	JULIACA - SAN ROMAN - PUNO		
			Costo a : Noviembre - 2018

Partida	01.01	SUB - BASE e=15cm				Rend:	1,500.0000	M2/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
		Mano de Obra						
	47 00006	CAPATAZ	HH	1.000	0.0053	22.00	0.12	
	47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0053	17.00	0.09	
	47 00009	PEON	HH	6.000	0.0320	15.30	0.49	
							0.70	
		Materiales						
	05 03180	MATERIAL CLASIFICADO PARA SUB-BASE	M3		0.1875	81.03	15.19	
							15.19	
		Equipo						
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.70	0.02	
	48 03181	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.000	0.0053	95.00	0.50	
	49 00351	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.000	0.0053	135.05	0.72	
	49 00349	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	HM	1.000	0.0053	105.00	0.56	
							1.80	
							Costo unitario por M2 :	
							17.69	

Partida	01.02	BASE GRANULAR CLASIFICADO e=15cm				Rend:	1,500.0000	M2/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
		Mano de Obra						
	47 00007	OPERARIO	HH	2.000	0.0107	20.97		0.22
	47 00009	PEON	HH	10.000	0.0533	15.40		0.82
								1.05
		Materiales						
	05 07014	MATERIAL DE BASE GRANULAR PUESTA EN OBRA	M3		0.1875	95.30		17.87
								17.87
		Equipo						
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.05		0.03
	39 07013	RODILLO LISO VIBR. AUTOPROP. 70-100 HP 7-9 TON	HM	1.000	0.0053	105.00		0.56
	48 03181	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.000	0.0053	95.00		0.50
	49 00351	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.000	0.0053	135.00		0.72
								1.81
						Costo unitario por M2 :		20.72

Partida	01.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e= 8cm				Rend:	1,500.0000	M2/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
		Mano de Obra						
	47 00006	CAPATAZ	HH	1.000	0.0053	22.00	0.12	
	47 00007	OPERARIO	HH	3.000	0.0160	20.97	0.34	
	47 00008	OFICIAL	HH	5.000	0.0267	17.00	0.45	
	47 00009	PEON	HH	8.000	0.0427	15.30	0.65	
							1.56	
		Materiales						
	13 03185	MEZCLA ASFALTICA	M3		0.0880	900.00	79.20	
							79.20	
		Equipo						
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.56	0.05	
	49 06833	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	1.000	0.0053	145.08	0.77	
	49 00369	RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T	HM	1.000	0.0053	71.43	0.38	
	49 00370	RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 58-70HP 8-10T	HM	1.000	0.0053	250.00	1.33	
							2.52	
						Costo unitario por M2 :	83.28	

Partida	02.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e= 5cm				Rend:	1,500.0000	M2/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
		Mano de Obra						
	47 00006	CAPATAZ	HH	1.000	0.0053	22.00	0.12	
	47 00007	OPERARIO	HH	3.000	0.0160	20.97	0.34	
	47 00008	OFICIAL	HH	5.000	0.0267	17.00	0.45	
	47 00009	PEON	HH	8.000	0.0427	15.30	0.65	
							1.56	
		Materiales						
	13 03185	MEZCLA ASFALTICA	M3		0.0550	900.00	49.50	
							49.50	
		Equipo						
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.56	0.05	
	49 06833	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	1.000	0.0053	145.08	0.77	
	49 00369	RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T	HM	1.000	0.0053	71.43	0.38	
	49 00370	RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 58-70HP 8-10T	HM	1.000	0.0053	250.00	1.33	
							2.52	
								Costo unitario por M2 : 53.58

Partida	02.02	BASE TRATADA CON ASFALTO e=15cm				Rend:	1,500.0000	M2/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
		Mano de Obra						
	47 00006	CAPATAZ	HH	0.250	0.0013	22.00	0.03	
	47 00007	OPERARIO	HH	2.000	0.0107	20.95	0.22	
	47 00009	PEON	HH	10.000	0.0533	15.35	0.82	
							1.07	
		Materiales						
	05 07014	MATERIAL DE BASE GRANULAR PUESTA EN OBRA	M3		0.1950	95.30	18.58	
							18.58	
		Equipo						
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.07	0.03	
							0.03	
		Sub partidas						
	SP 38008	RIEGO DE BASE GRANULAR CON EMULSION ASFALTICA e=	m2		1.0000	52.17	52.17	
	SP 38010	RIEGO DE BASE GRANULAR CON AGUA e= 15 cm	m2		1.0000	0.56	0.56	
	SP 38009	PERFILADO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA	M2		1.0000	1.10	1.10	
							53.83	
								Costo unitario por M2 : 54.93

Sub Partida	38008	RIEGO DE BASE GRANULAR CON EMULSION ASFALTICA e= 15cm				Rend:	2,400.0000	m2/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
		Mano de Obra						
	47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.0003	22.00	0.01	
	47 00009	PEON	HH	0.500	0.0017	15.30	0.03	
							0.03	
		Materiales						
	30 04151	EMULSION ASFALTICA CATIONICA	GLN		5.1665	10.00	51.67	
							51.67	
		Equipo						
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.03	0.00	
	48 03181	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.500	0.0050	95.00	0.48	
							0.48	
								Costo unitario por m2 : 52.17

Sub Partida	38010	RIEGO DE BASE GRANULAR CON AGUA e= 15 cm				Rend:	2,400.0000	m2/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
		Mano de Obra						
	47 00009	PEON	HH	0.500	0.0017	15.30	0.03	
							0.03	
		Materiales						
	05 00002	AGUA	M3		0.0115	5.00	0.06	
							0.06	
		Equipo						
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.03	0.00	
	48 03181	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.500	0.0050	95.00	0.48	
							0.48	
								Costo unitario por m2 : 0.56

Sub Partida	38009	PERFILADO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA				Rend:	2,500.0000	M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
Mano de Obra								
47 00006	CAPATAZ	HH	1.000	0.0032	22.00	0.07		
47 00086	TOPOGRAFO	HH	1.000	0.0032	17.00	0.05		
47 00009	PEON	HH	4.000	0.0128	15.30	0.20		
						0.32		
Equipo								
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.32	0.01		
39 07013	RODILLO LISO VIBR. AUTOPROP. 70-100 HP 7-9 TON	HM	1.000	0.0032	105.00	0.34		
49 00351	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.000	0.0032	135.05	0.43		
						0.78		
Costo unitario por M2 :						1.10		

Partida	03.01	SUB - BASE e=20cm				Rend:	1,500.0000	M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
Mano de Obra								
47 00006	CAPATAZ	HH	1.000	0.0053	22.00	0.12		
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0053	17.00	0.09		
47 00009	PEON	HH	6.000	0.0320	15.30	0.49		
						0.70		
Materiales								
05 03180	MATERIAL CLASIFICADO PARA SUB-BASE	M3		0.2500	81.03	20.26		
						20.26		
Equipo								
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.70	0.02		
48 03181	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.000	0.0053	95.00	0.50		
49 00351	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.000	0.0053	135.05	0.72		
49 00349	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	HM	1.000	0.0053	105.00	0.56		
						1.80		
Costo unitario por M2 :						22.75		

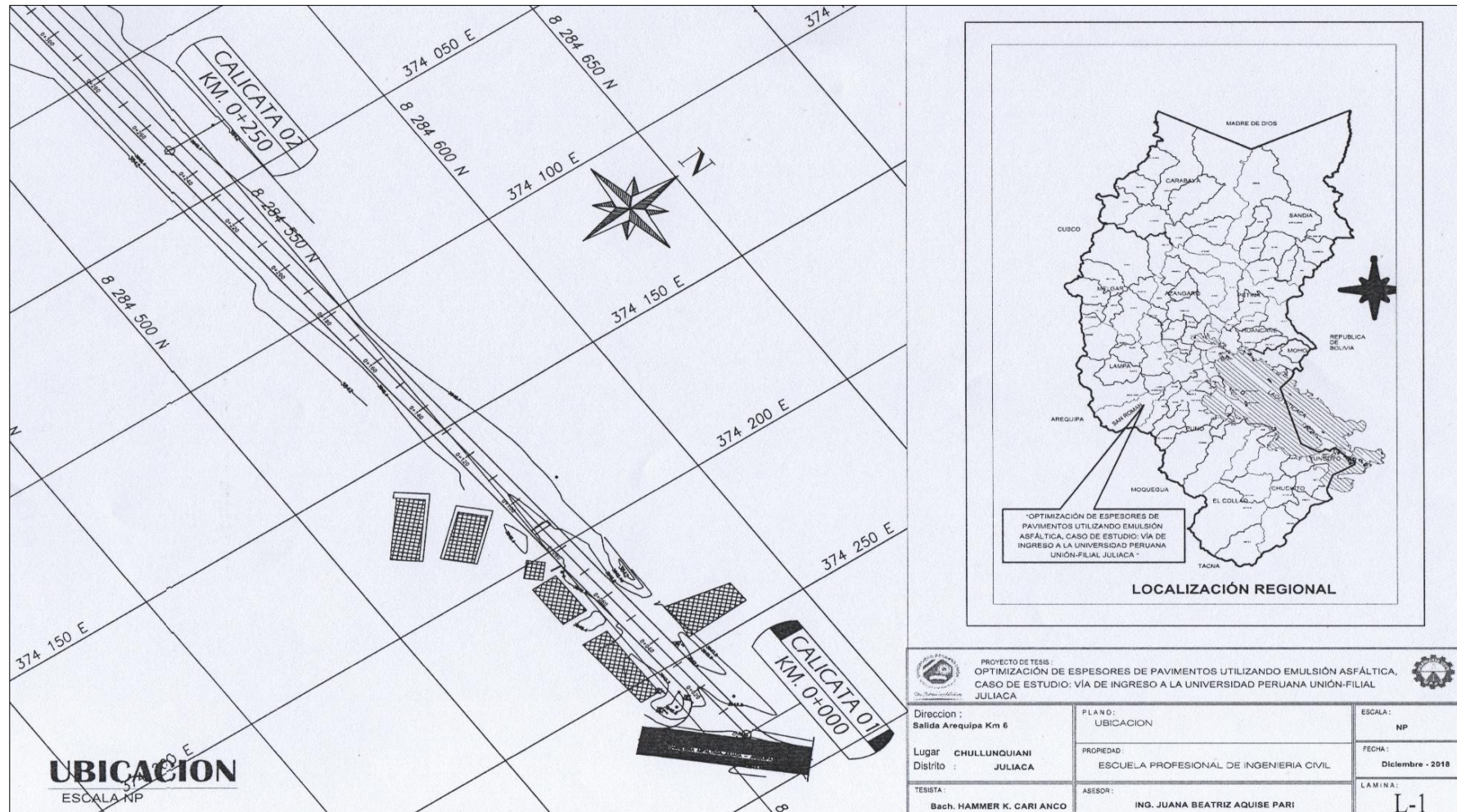
Partida	03.02	BASE TRATADA CON ASFALTO e=15cm				Rend:	1,500.0000	M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
Mano de Obra								
47 00006	CAPATAZ	HH	0.250	0.0013	22.00	0.03		
47 00007	OPERARIO	HH	2.000	0.0107	20.97	0.22		
47 00009	PEON	HH	10.000	0.0533	15.30	0.82		
						1.07		
Materiales								
05 07014	MATERIAL DE BASE GRANULAR PUESTA EN OBRA	M3		0.1950	95.13	18.55		
						18.55		
Equipo								
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.07	0.03		
						0.03		
Sub partidas								
SP 38008	RIEGO DE BASE GRANULAR CON EMULSION ASFALTICA e=	m2		1.0000	52.19	52.19		
SP 38010	RIEGO DE BASE GRANULAR CON AGUA e= 15 cm	m2		1.0000	0.57	0.57		
SP 38009	PERFILADO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA	M2		1.0000	1.06	1.06		
						53.82		
Costo unitario por M2 :						54.92		

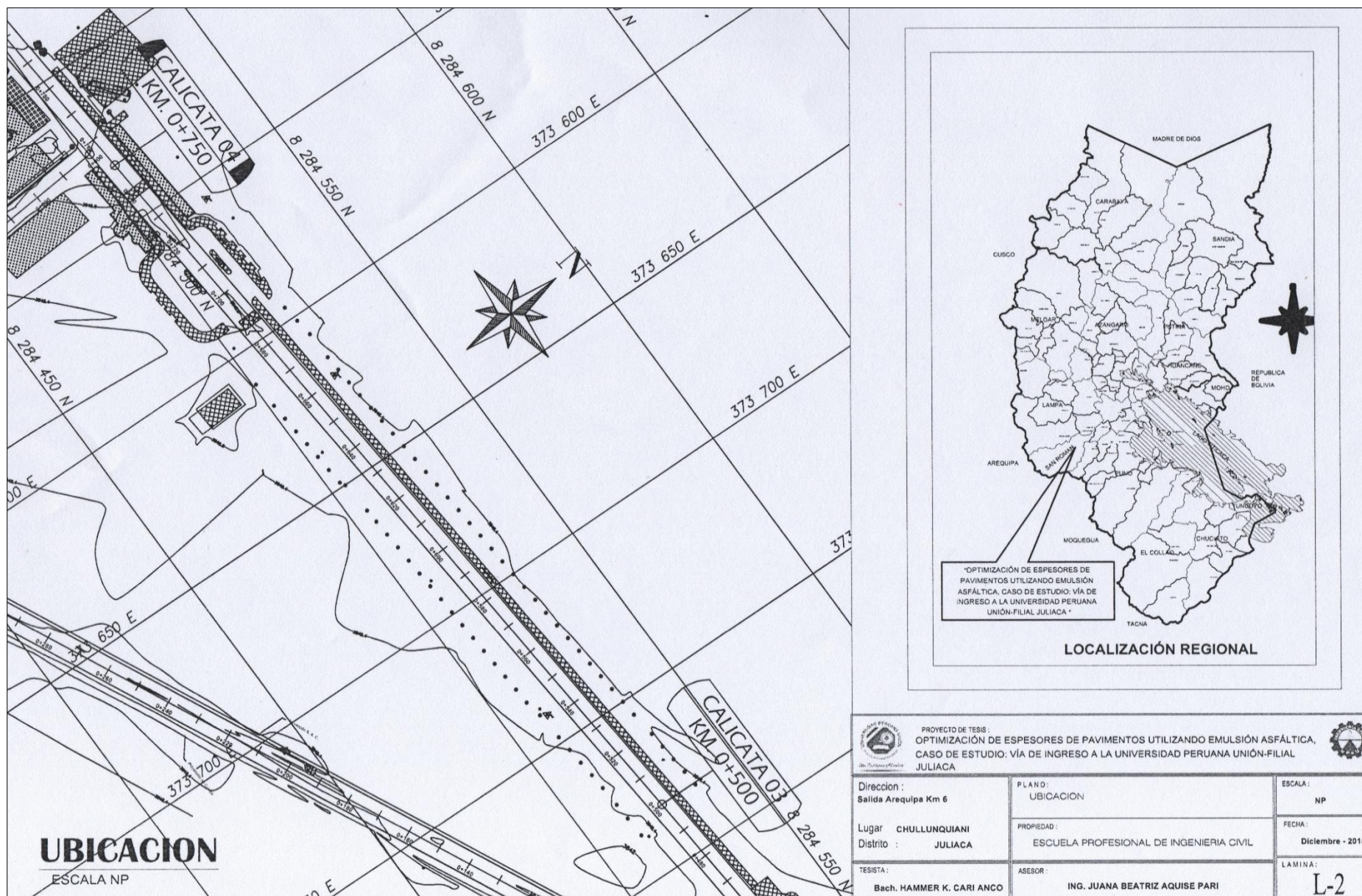
Partida	03.03	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA 2da CAPA				Rend:	3,600.0000 M2/DIA
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>	
Mano de Obra							
47 00006	CAPATAZ	HH	0.500	0.0011	22.00	0.02	
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0022	17.00	0.04	
47 00009	PEON	HH	6.000	0.0133	15.30	0.20	
						0.27	
Materiales							
05 05929	PIEDRA ZARANDEADA DE 1/2"	M3		0.0088	65.00	0.57	
13 07699	EMULSION CRS-2p	gln		0.2838	8.00	2.27	
						2.84	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.27	0.01	
49 03183	BARREDORA MECANICA	HM	1.000	0.0022	42.04	0.09	
49 04186	CAMION IMPRIMIDOR 6x2 178-210 HP 1,800 G	HM	1.000	0.0022	79.83	0.18	
49 07700	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	HM	1.000	0.0022	67.23	0.15	
49 05930	RODILLO NEUMATICO	HM	1.000	0.0022	71.43	0.16	
49 07701	TRACTOR DE TIRO 80 HP	HM	1.000	0.0022	74.60	0.16	
						0.75	
Costo unitario por M2 :						3.85	

Partida	03.04	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA 1ra CAPA				Rend:	3,600.0000 M2/DIA
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>	
Mano de Obra							
47 00006	CAPATAZ	HH	0.500	0.0011	22.00	0.02	
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0022	17.00	0.04	
47 00009	PEON	HH	6.000	0.0133	15.30	0.20	
						0.27	
Materiales							
05 05929	PIEDRA ZARANDEADA DE 1/2"	M3		0.0088	65.00	0.57	
13 07699	EMULSION CRS-2p	gln		0.2838	8.00	2.27	
						2.84	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.27	0.01	
49 03183	BARREDORA MECANICA	HM	1.000	0.0022	42.04	0.09	
49 04186	CAMION IMPRIMIDOR 6x2 178-210 HP 1,800 G	HM	1.000	0.0022	79.83	0.18	
49 07700	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	HM	1.000	0.0022	67.23	0.15	
49 05930	RODILLO NEUMATICO	HM	1.000	0.0022	71.43	0.16	
49 07701	TRACTOR DE TIRO 80 HP	HM	1.000	0.0022	74.60	0.16	
						0.75	
Costo unitario por M2 :						3.85	

Anexo J: Planos

Anexo J-1: Planos de Ubicación de Estudio de Subrasante





Anexo J-2: Plano de Ubicación de Canteras

